T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI

ENDÜSTRİYEL OTOMASYON TEKNOLOJİLERİ

SERVO MEKANİZMALAR

523EO0381

Ankara, 2011

- Bu modül, mesleki ve teknik eğitim okul/kurumlarında uygulanan Çerçeve Öğretim Programlarında yer alan yeterlikleri kazandırmaya yönelik olarak öğrencilere rehberlik etmek amacıyla hazırlanmış bireysel öğrenme materyalidir.
- Millî Eğitim Bakanlığınca ücretsiz olarak verilmiştir.
- PARA İLE SATILMAZ.

İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR iii
GİRİŞ 1
ÖĞRENME FAALİYETİ–1 3
1. SERVO MOTOR SEÇİMİ 3
1.1. Giriş 3
1.2. Motor Gücünün Hesaplanması 4
1.3. Kayış Kasnak Sistemi ile Oluşturulmuş Sistemin Hesapları 5
1.3.1. Hesaplamalar 6
1.4. Motor Seçiminde Takip Edilecek Adımlar 7
1.5. Tork Hesabı 8
1.5.1. Atalet(Eylemsizlik) Momenti 8
1.5.2. Yükü Sürmek İçin Tork Formülleri 10
1.6. Motor Seçimi Örnekler 11
UYGULAMA FAALİYETİ 19
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 20
ÖĞRENME FAALİYETİ–2 21
2. Pozisyon Kontrolün Ana Hatları 21
2.1. Pozisyon Kontrolünün Modları ve Metotları 22
2.1.1. Pozisyon Kontrol Modları 22
2.1.2. Durdurma Hassasiyeti 24
2.2. Pozisyon Kontrol Hücresinin Yapısı 27
2.3. Servo Motorun Yapısı 28
2.4. Servo Sürücü 30
2.5. Robot Parçalarının Montajı 33
2.6. Kablolama 34
2.7. Servo Sürücüsü Parametre Ayarı 35
2.7.1. Kontrol Modu, Regenerative Durdurma Opsiyonunun Seçimi (Para Nu.0) 37
2.7.2. Otomatik Dönüş (PARA Nu.2) 37
2.7.3. Elektronik vites (Çoklamalı komut darbe faktörü sayıcısı ve birimi) (PARA Nu.3 Nu.4) 38
2.8. Test Sürüşü 38
2.8.1. Mod Değiştirme 38
2.8.2. Başlatma Metodu 39
2.8.3. Göstergenin Durumu 39
2.8.4. Test Sürüşünü Sonlandırmak 39
2.9. Pozisyon Kontrol Ünitesi (FX2N-20GM) 39
2.9.1. Parametre Ayarları 40
2.9.2. Komut Darbesi Frekansı ve Maksimum İşlem Hızı 40
2.9.3. Ünitelerin Sistemleri 41
2.9.4. Darbe Oranı ve Besleme Oranı 41
2.9.5. Pozisyon Parametreleri 43
2.9.6. Darbe Şekli 45
2.10 Programlama 45
2.10.1. Pozisyon Kontrol Ünitesinin Programlanması (VPS) 47
2.10.2. PLC'nin Programlanması 50
UYGULAMA FAALİYETİ 63

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 64
MODÜL DEĞERLENDİRME 66
CEVAP ANAHTARLARI 67
KAYNAKÇA 68

AÇIKLAMALAR

KOD	**523EO0381**
ALAN	**Endüstriyel Otomasyon Teknolojileri**
DAL/MESLEK	**Mekatronik Teknisyenliği**
MODÜLÜN ADI	**Servo Mekanizmalar**
MODÜLÜN TANIMI	Bu modül AC servo motorların seçimi ve AC motorlarının geri beslemeli olarak pozisyon kontrolünde kullanılması ile ilgili bilgi ve becerilerin verildiği öğrenme materyalidir.
SÜRE	40/32
ÖN KOŞUL	Servo Sürücüler modülünü almış olmak
YETERLİK	Servo mekanizmaları kullanmak
MODÜLÜN AMACI	**Genel Amaç** Öğrenci, gerekli ortam sağlandığında servo mekanizmaları teknik özelliklerine uygun olarak çalıştırabilecektir. **Amaçlar** **1.** Servo mekanizmanın teknik özelliklerini inceleyeceksiniz. **2.** Servo mekanizmayı taslak çizim ve devre şemasına uygun olarak yapaksınız.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	**Ortam:** Denetim sistemleri laboratuvarı **Donanım:** AC servo motorlar
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	Modül içinde yer alan her öğrenme faaliyetinden sonra verilen ölçme araçları ile kendinizi değerlendireceksiniz. Öğretmen modül sonunda ölçme aracı (çoktan seçmeli test, doğru-yanlış vb.) kullanarak modül uygulamaları ile kazandığınız bilgi ve becerileri ölçerek sizi değerlendirecektir.

GİRİŞ

Sevgili Öğrenci,

Daha önce öğrendiğiniz AC ve DC servomotorların devamı olan bu modülde servo motorların güce ve hıza dayalı seçimini göreceksiniz. Yine iki eksenli bir servo sistemde bir parça belirlenen koordinata konumlandırılarak pozisyon kontrolü öğrenilecektir.

Pozisyon kontrolü denilince akla gelen en ideal motor servo motordur. Servo motorlar yapısal olarak encoder içerdiklerinden motorun dönüş hızı, dönüş yönü, torku ve konumu çok hızlı bir şekilde belirlenir. Özellikle konumlandırmanın önemli olduğu yerlerde (CNC, robot, enjeksiyon makinesi, vb.) makinelerde servo motorlar kullanılmaktadır.

Pozisyon kontrol işlemini her bir motoru ayrı ayrı çalıştırarak da yapabildiğimiz gibi her bir servo motoru birbiri ile haberleştirerek de gerçekleştirmek mümkündür. Bu sistemde iki adet servo motor ile X ekseni ve Y ekseni üzerinde hassas hareket sağlanacaktır. Üçüncü eksen pnömatik olarak çalıştırılmaktadır.

Pozisyon kontrol işleminde kontrolcü olarak PLC kullanılmaktadır. PLC ile servo motor arasındaki arayüz ise pozisyon kontrol ünitesidir.

ÖĞRENME FAALİYETİ–1

AMAÇ

Servo mekanizmanın teknik özelliklerini inceleyeceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Servo motorun kullanılmadığı diğer servo mekanizmalar hakkında bilgi toplayınız.

1. SERVO MOTOR SEÇİMİ

1.1. Giriş

Servo, "köle" anlamına gelen bu kelime, tek başına kullanıldığında sanayi için bir anlam ifade etmemektedir. Servo mekanizma ya da servo sürücü gibi bir fonksiyon ya da görevi yerine getiren sistemlerde tamamlayıcı ya da nitelik belirteci olarak kullanılır.

Servonun fonksiyon ya da işlevi şu şekilde açıklanabilir: Denetleyiciden gönderilen komut sinyali servonun konum denetleyicisine gelir. Konum denetleyicisi, çeşitli iş ve görevler için gerekli olan bilgileri hafızasında saklayan bir aygıttır. Motor ve yükün hız ve konum parametrelerinin değiştirilmesi için kullanılır.

Komut sinyali servo kontrol ya da diğer ifadeyle servo sürücüye geçer. Servo sürücü bu düşük gerilimli sinyali alır ve servo motoru/yükü hareket ettirecek seviyeye yükseltir. Motoru/yükü yüksek devirlerde döndürmek için yüksek gerilim seviyelerine ve yeterli torku tedarik ederek ağır yükleri hareket ettirmek için yüksek akım değerlerine ihtiyaç vardır.

Servo motor üzerine güç uygulandıkça yük dönmeye başlar. Hız ve konum değişmeye başlar. Yük döndükçe yüke ya da motora bağlı olan geri besleme aygıtı da döner. Bu aygıt, takometre, resolver ya da encoder olabilir. Geri besleme aygıtı, konum denetleyicisine bir "durum" sinyali göndererek motorun düzgün iş yapıp yapmadığını bildirir.

Konum kontrol denetleyicisi, geri besleme sinyaline bakar ve yükün istenen tarzda servo motor tarafından sürülüp sürülmediğine karar verir. Sürülmüyorsa düzeltmeler yapılır. Örneğin komut sinyali motorun 1000 dev/dakikada döneceğini bildirdi. Bazı öngörülemeyen sebepler yüzünden motor, gerçekte 900 dev/ dakikada döndüğünü kabul edelim. Geri besleme aygıtı bu durumu bildirir. Denetleyici arzulanan hız değeri ile (1000), hakikatteki hız değerini (900) karşılaştırır ve hata payını notları arasına alır.

Yapılacak işe uygun motoru seçebilmek için işin gerektirdiği tork ve hız değerlerinin bilinmesi gerekir. Servo motorların yükü sürmek için yeteri kadar hız, tepe ve rms torklarını sağlamasının yanında ekonomik olması gerekir. Bunun yanında servo motor ile uyumlu çalışacak servo sürücüyü de seçmek önemlidir.

1.2. Motor Gücünün Hesaplanması

Hareket kontrol sistemlerinde yük ya doğrusal ya da dönerdir. Motor gücünü hesaplayabilmek için yükün tüm torkunun motor miline taşınması gerekir. Yükün tüm ağırlığı motor milinin üzerindeymiş gibi hesap yapılır. İlk yapılacak iş iletim oranına karar vermektir. Motor mili ile yük aynı hızda mı ya da farklı hızda mı dönecek? Farklı hızda dönecek ise yük, motor milinden yavaş mı hızlı mı dönecek? Genelde yük hızı, motor hızından iki ya da üç kat yavaş olur. Bu aynı zamanda motorun tork gereksinimi de azaltır. İletim oranına karar verildikten sonra motorun tepe torku ve rms torkuna karar verilir.

Yük motor tarafından ivmeli sürülüyorsa motor için gereken tork:

$$T = J \cdot \alpha$$

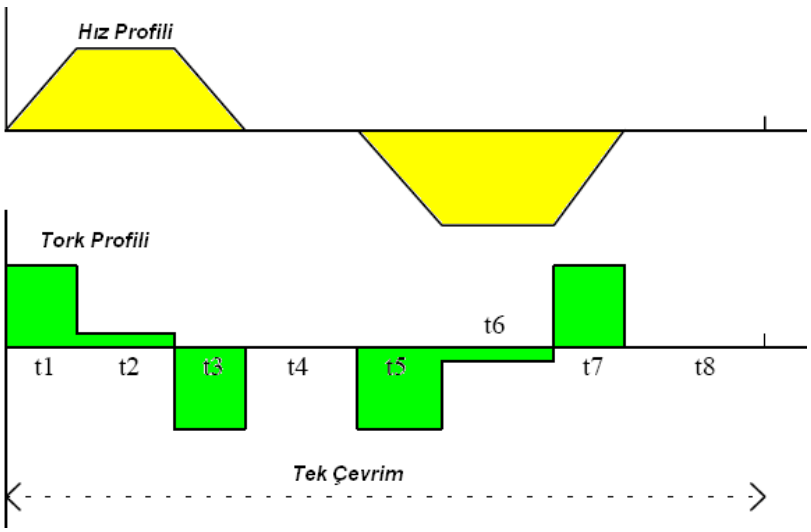
formülüne göre hesap edilir. Burada J: sistemin toplam atalet momenti, α : sistemin ivmesidir.

İvmeli hareketin profili bir trapezdir. Bu profil motorun ne zaman hızlanacağını, ne zaman sabit hızda döneceğini ya da ne zaman ters yönde hızlanmaya başlayacağını gösterir. Şekil 1 bir hareket profilini göstermektedir.

Tepe torku basitçe bir ya da daha fazla hareket bölümünde gereken en yüksek tork değeridir. Seçilecek motor, belirlenen süre için istenen hızda bu torku sağlayacak şekilde seçilmelidir. Tüm çalışma periyodu boyunca yük torkunun ortalama tork değeri (rms):

$$T_{rms} = \frac{T_1^2 t_1 + T_2^2 t_2 + \ldots\ldots + T_n^2 t_n}{\sqrt{t_1 + t_2 + \ldots\ldots + t_n}}$$

Burada Ti, hareketin i. Bölümündeki yük torku ve ti de i. bölümünün süresidir.



Şekil 1.1: Hız profili ve tork çevrim diyagramı

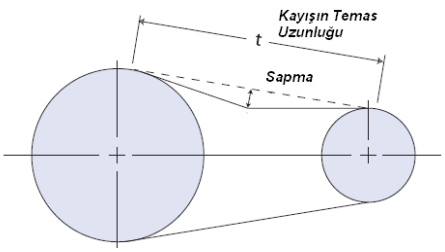
1.3. Kayış Kasnak Sistemi ile Oluşturulmuş Sistemin Hesapları

Şekil 1.2'de şematik resmi görülen sistemde kayış-kasnak kullanılarak bir yük asansör sistemi ile hareket ettirilmektedir. Durma anında motora bir tork etkimemesi için bir karşı ağırlık asılmıştır.

Verilenler:

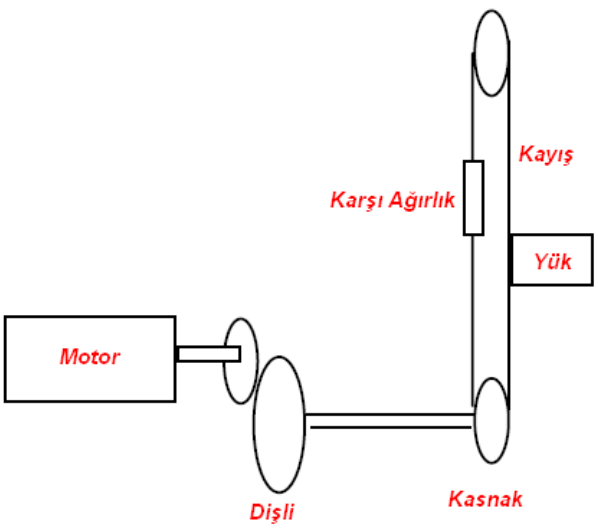
Toplam yük ataleti : 28.9 kg m^2 (yük: 14 kg m^2, karşı ağırlık: 14 kg m^2, kayışlar:0.9 kg.m^2)
Motorun Ataleti :0.00150 kg m^2
Azami Yük Hızı : 2.2906 m/sn
Sabit Hızdaki
Sürtünme Kuvveti : 4.5 kg

Hareket Profili:
Toplam Çalışma Süresi : 2.0 sn
İvmelenme Süresi: : 0.2 sn (0'dan azami hız değerine kadar)
Sabit Hızda Azami
Çalışma Süresi :0.4 sn
Yavaşlama Süresi :0.2 sn (azami hız değerinden 0'a kadar)
Durma :1.2 sn



Kasnak : 14 diş (triger)
Kayışın Temas
Uzunluğu :0.0127 m

Şimdi bu sisteme uygun motoru seçelim.



Şekil 1.2: Kayış-kasnak kullanılarak bir yükün asansör sistemi ile hareket ettirilmesi

1.3.1. Hesaplamalar

- Başlangıç olarak seçilen motorun tahmini azami hızı yaklaşık 3000 dev/dk. ve çalışma devri 1600 dev/dk. olsun. Kasnak milindeki devrin daha yüksek olması istendiğinden dişli(iletim) oranı 30/16 seçilsin.

İletim oranının radyan cinsinden ifadesi:

$$N = (\frac{30}{16})\frac{2\pi}{(0.0127 \cdot 14)} = 66.226$$

Buna göre azami yükün açısal hızı: 66.256 *2.2906 = 151.697 [rad/sn] ya da 1449.3 [dev/dk.] olur.

- Motor miline etkiyen toplam yük ataleti (0.00066kgm^2 dişli ataletleri sayılırsa)

$$Jo = \frac{J}{N^2}$$

$$Jo = \frac{28.9}{(66.226)^2} + 0.00066 = 0.007249\ kgm^2$$

Motorun ataleti Jm=0.00150 kg m^2 olduğundan

Toplam yük ataleti

$J=J_o+J_m$ =0.008749 kg m^2

- Motora etkiyen sürtünme torku

To= 4.5 / N =0.06795 [Nm]

- Açısal ivmenin tepe değeri ve tepe torku:

$$\alpha = \frac{\omega}{t}$$

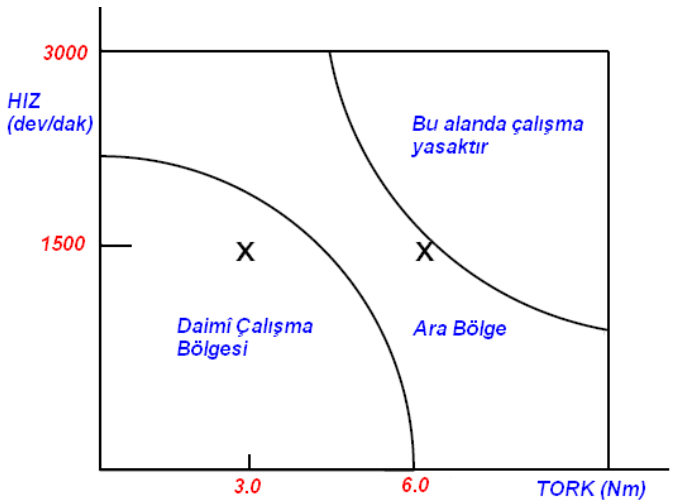
α =151.697 /0.2 =758.485 [rad/sn^2]

$T_{tepe} = J\alpha + T_o$ = 6.7039 [Nm]

- Rms torku

$$T_{rms} = \sqrt{2x(0.2x6.7039^2) + (0.06795^2\, x0.4)} / 2 = 2.9982\ \text{Nm}$$

- Bazı motorların tork-hız grafiği incelendikten sonra uygun olan bir motor seçilir. Grafik üzerinde tepe ve rms tork değerleri grafik üzerinde işaretlenir. Buradan seçilen motorun gerçek atalet momenti, yukarıdaki formülde yerine konarak esas hesaplama yapılır.

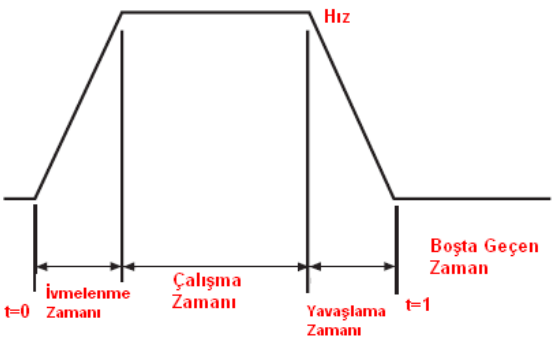


Şekil 1.3: Motor çalışma aralıkları

İşin gerektirdiği hususiyetleri yerine getirecek motorun seçimi, işlemi gerçekleştiren sistemin hassaslığını ve güvenirliğini temin eder. Aşağıda motor seçiminde göz alınacak bazı hesaplamalar anlatılacaktır.

1.4. Motor Seçiminde Takip Edilecek Adımlar

- Önce yükün nasıl sürüleceğine karar verilir. Sürme mekanizması, bilyeli vida, kayış –kasnak, dişlilerden herhangi birinden oluşabilir. Tahrik sisteminin yanında aktarılan ya da taşınan yükün kütlesi, her bir parçanın ölçüleri ve kayan yüzeylerin sürtünme katsayılarının da dikkate alınması gerekir.
- Hareket hızı, sürme zamanı ve konumlama zamanı(bkz. Şekil 4) gibi sürme şartları belirlenir.
- Yük torku ve motor miline etkiyen bileşik tork hesaplanır.
- Elde edilen değerlere göre motor seçimi, kataloglardan yapılır.



Şekil 1.4: Sabit olamayan hareket

Bir motor ararken ilk dikkat edilecek şey, uygulama için gerekli olan tork ve hız değerleridir. Bu bilgilere sahipsek motor kataloglarından ya da motorun tork/hız eğrilerinden yararlanarak motor seçimi yapılabilir.

1.5. Tork Hesabı

Tork ihtiyacı sabit ve ivmeli harekete göre değişmektedir. Sabit tork, motorun üstesinden geleceği sabit ve daimî bir torktur. Kolaylıkla ölçülür ya da hesap edilir. Genelde sürtünme kuvvetlerine karşı mücadele edilir.

İvmeli torkun hesabı biraz zahmetlidir. Hareket hâlindeki bir yükte kısa zaman aralığında tork anahtarı ile ölçüm yapmak mümkün olmadığından aritmetik hesap gerekir. İvmeli tork sistemin atalet momentinin ve hızlanma miktarının bir fonksiyonu olduğundan her iki değeri de hesaba katmalıyız. Atalet(eylemsizlik) momentini biraz açalım.

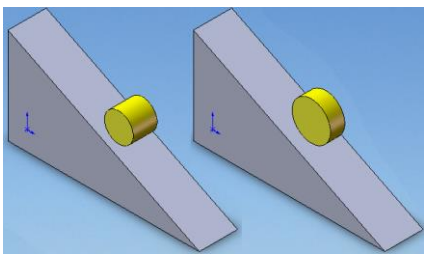
1.5.1. Atalet(Eylemsizlik) Momenti

Cisimlerin belirli bir şekli olduğundan uygulanan kuvvet sonucunda hem ötelenme hem de dönme hareketine maruz kalır. Hareketin ötelenmesine sebep olan kuvvet Newton'un ikinci kanunu olan F = ma kuvvetidir. Cismin dönmesine sebebiyet veren unsur ise $M = I\alpha$ ile verilen momentdir. Buna göre,

Kuvvet, F → Moment, M
Kütle, m → Eylemsizlik Momenti, I
İvme, a → Açısal İvme, α

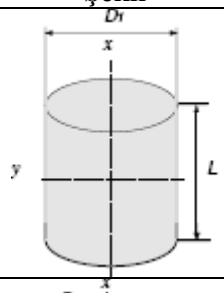
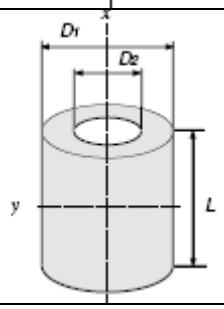
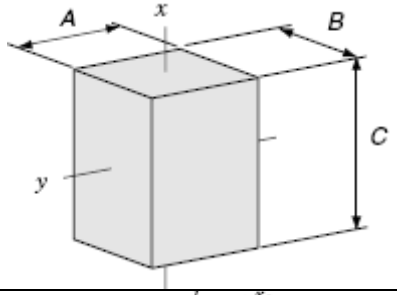
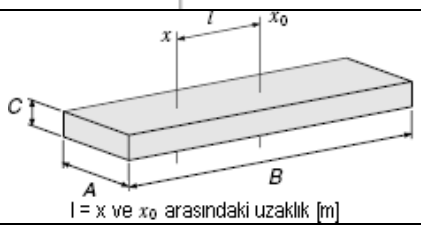
karşılıkları vardır.

Eylemsizlik momenti, diğer bir ifadeyle kütlesel atalet momenti, sabit bir eksen etrafında dönmekte olan bir cismin dönmede meydana gelebilecek bir değişikliğe karşı göstermiş olduğu dirençtir. Cisimler daima yaptığı hareketi korumaya çalışır. Dönüyorsa daima dönmek ister, durmak istemez. Duruyorsa da hareket etmekte zorlanır.



Şekil 5: Eğik düzlemde hareket

Aynı kütleli fakat çapları farklı iki silindirin eğik bir düzlemde yuvarlandıklarını kabul edelim. Büyük çaplı silindir, açısal dönme durumunu değiştirmek istememesinden dolayı hızlanmak için küçük çaplı silindire göre daha fazla çabaya ihtiyaç duyar. Çünkü kütle, dönme ekseninden küçük çaplı silindire göre daha uzağa yayılmıştır. Buna göre dönme eksenine yakın kütleler küçük eylemsizlik momentine sahip olduklarından daha kolay döner. Tıpkı dönme eksenine yakın kütlelerin kolayca çevrildiği gibi.

Tanım	Şekil	Eylemsizlik Momenti
m kütleli, r yarıçaplı dolu silindir		$Jx = \frac{1}{8} mD_1^2 = \frac{\pi}{32} \rho L D_1^4 \ [kg.m^2]$ $Jy = \frac{1}{4} m \left(\frac{D_1^2}{4} + \frac{L^2}{3} \right) [kg.m^2]$
m kütleli, r_2 dış yarıçaplı, r_1 iç yarıçaplı içi boş silindir		$Jx = \frac{1}{8} m (D_1^2 + D_2^2)$ $= \frac{\pi}{32} \rho L (D_1^4 - D_2^4) [kg.m^2]$ $Jy = \frac{1}{4} m \left(\frac{D_1^2 + D_2^2}{4} + \frac{L^2}{3} \right) [kg.m^2]$
h yüksekliğinde, w genişliğinde, d uzunluğunda dikdörtgen prizma		$Jx = \frac{1}{12} m (A^2 + B^2) = \frac{1}{12} \rho ABC (A^2 + B^2) [kg.m^2]$ $Jy = \frac{1}{12} m (B^2 + C^2) = \frac{1}{12} \rho ABC (B^2 + C^2) [kg.m^2]$
Dönme ekseninden kaçık eksen etrafında dönen plaka	 l = x ve x_0 arasındaki uzaklık [m]	$Jx = Jx_0 + m\, l^2 = \frac{1}{12} m (A^2 + B^2 + 12\, l^2) [kg.m^2]$
Doğrusal hareket eden bir cismin ataleti		$J = m \left(\frac{\nu}{\omega} \right)^2 = m \left(\frac{A}{2\pi} \right)^2 [kg.m^2]$ A= adım

Tablo 1.1: Eylemsizlik momentleri

Burada

ρ =Yoğunluk

Demir ρ = 7.9 x 10^3 [kg/m^3]

Alüminyum ρ = 2.8x 10^3 [kg/m^3]

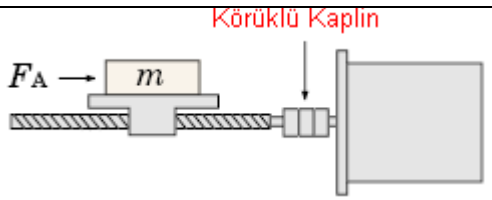
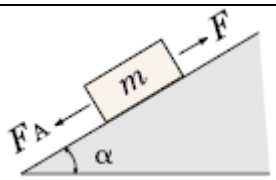
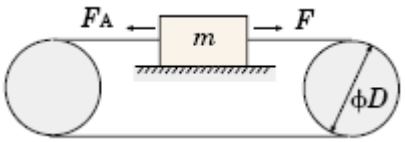
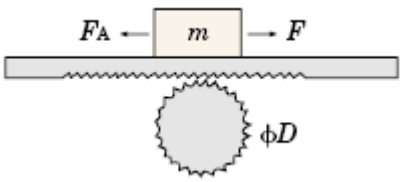
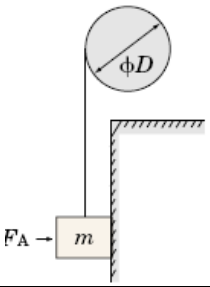
Bronz ρ = 8.5 x 10^3 [kg/m^3]

Teflon ρ = 1.1 x 10^3 [kg/m^3]

J_x = x ekseni etrafındaki atalet momenti [kg.m^2]
J_y = y ekseni etrafındaki atalet momenti [kg.m^2]
J_o = o ekseni etrafındaki atalet momenti(ağırlık merkezinden geçen eksen) [kg.m^2]
m = kütle [kg]
D_1 = Dış Çap [m]
D_2 = İç Çap [m]
L = Uzunluk [m]

1.5.2. Yükü Sürmek İçin Tork Formülleri

Yükü sürmek için bazı formüller **Tablo 1.2'de** görülmektedir.

Bilyeli Vidalı Tahrik		$T_L = (\frac{p_B}{2\pi\eta}(\mu g m + F)) \cdot \frac{1}{i}$ [Nm]
Eğik Düzlemde Tahrik		$F = F_A + mg\ (\sin a + \mu \cos a)$ [N]
Kayış-Kasnaklı Tahrik		$T_L = \frac{D}{2\pi\eta}(\mu g m + F) \cdot \frac{1}{i}$ [Nm]
Düz-Kremayer Dişli Tahriki		$F = F_A + mg\ (\sin a + \mu \cos a)$ [N]
Kasnaklı Taşıma		$T_L = \frac{\mu F_A + mg}{2\pi} \cdot \frac{\pi D}{i} = \frac{(\mu F_A + mg)\, D}{2i}$ [N·m]

Tablo 1.2 Tork Formülleri

Burada

F = hareket ettirici kuvvet [N]
FA = harici kuvvet [N]
η = verim (0.85-0.9)
i = İletim Oranı
pB = Bilyeli vida adımı [mm]
m = toplam iş ve tabla kütlesi [kg]
μ=sürtünme katsayısı (0.05)
D = kasnak çapı [mm]
g =yerçekimi ivmesi [m/sn2] (9.8)

Motor milinin ataleti yükün ataletine eklenerek toplam atalet elde edilir ve ivme ile çarpılarak ihtiyaç duyulan tork bulunur.

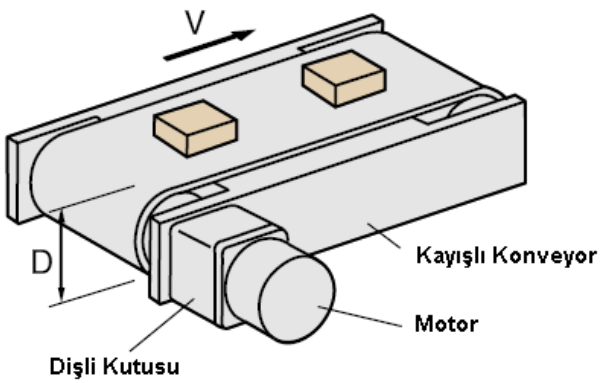
Dikkat edilmesi gereken bir husus, yükün torku motor milinin torkundan büyük olmaması gerekir. Bu oran en fazla 1:10'dur. Fakat ani ve sık hareketli dur-kalk işlemlerinde bu oran 1:12'e kadar iner.

Bir kere sabit tork ve ivmeli tork hesap edildikten sonra elde edilen tork değeri genelde 1.5 olan bir güvenlik katsayısı ile çarpılır. Artık katalogdan, başlangıç torku (starting torque) sabit tork değerine, çalışma torku (rating torque) ivmeli torka eşit bir motor seçilir.

1.6. Motor Seçimi Örnekler

Örnek:

Aşağıda tabloda verilen şartları taşıyan indüksiyon motorunun seçimi yapılacaktır.



İş Parçalarının ve Kayışın Toplam Kütlesi	m_1= 20 kg

Kayan Yüzeylerin Sürtünme Katsayısı	0.3
Kasnak Yarıçapı	D=100 mm
Kasnak Kütlesi	m = 1 kg
Kayış Sisteminin Verimi	=0.9
Kayış Hızı	V=140 mm/sn ±%10
Motorun Gerilim Beslemesi	Tek Faz 220 V 50 Hz
Çalışma Süresi	8 saat/gün
Dişli Kutusu Verimi	μ_G=0.66

- **Dişli oranına karar verme**

Dişli kutusuna ait mildeki hız:

$$N_G = \frac{V \cdot 60}{\pi \cdot D} = \frac{(140 \pm 14) \times 60}{\pi \times 100} = 26.7 \pm 2.7 \text{ [dev/dak]}$$

Dört kutuplu 50 Hz bir motorun verebileceği devir sayısı 1250-1300 dev/dk.dır.

İletim oranı (dişli faktörü) hesaplanabilir.

$$i = \frac{1250 : 1300}{N_G} = \frac{1250 : 1300}{26.7 \pm 2.7} = 52 \ : \ 54.16 \text{ dev/dak}$$

Buna göre iletim oranını i=55 seçelim.

- **Gerekli torku hesaplama**

Kayışlı konveyör üzerindeki en büyük tork, konveyörün ilk çalışma anında meydana gelir. Gerek torku hesaplamak için ilk önce sürtünen yüzeylerden dolayı meydan gelen sürtünme kuvvetini (F) hesaplamak gerekir.

$$F = \mu g m g g = 0.3 \text{ x } 20 \text{ x } 9.80 = 58.8 \text{ N}$$

Yük torku:

$$T_L = \frac{F g D}{2 g \eta} = \frac{58.8 \text{ x } 100.10^{-3}}{2 \text{ x } 0.9} = 3.27 \text{ Nm}$$

Elde edilen bu tork esasında dişli kutusu milinin ucundaki torktur. Bu değerin motor milinin ucundaki tork değerine dönüştürülmesi gerekir. Motor milindeki tork T_M ise

$$T_M = \frac{T_L}{i g \mu_G} = \frac{3.27}{55 \text{ x } 0.66} = 0.090 \text{ Nm} = 90 \text{mNm}$$

Bu değeri bir güvenlik katsayısı ile çarpmak her zaman gereklidir.

90 x 2 =180 mNm

Artık 180 mNm'lik bir başlangıç torkunu veren motor, kataloglardan seçilmelidir. Aşağıdaki tablo oriental firmasının bu değere uyan motor seçeneğidir.

Bilyeli vida adımının radyan cinsinden karşılığı

R= 0.2 / 2pi =0.0318

Motor torkunu lineer kuvvete çevirelim.

100/0.0318 =3144 N
3144*0.8=

Dev/dk.dan rad/sn.ye geçmek için 9.55 ile bölünür.

Örnek:

Bir motor dikey olarak bir tablayı bilyeli vida ile hareket ettirmektedir. Aşağıdaki şartları sağlayan motoru seçelim.

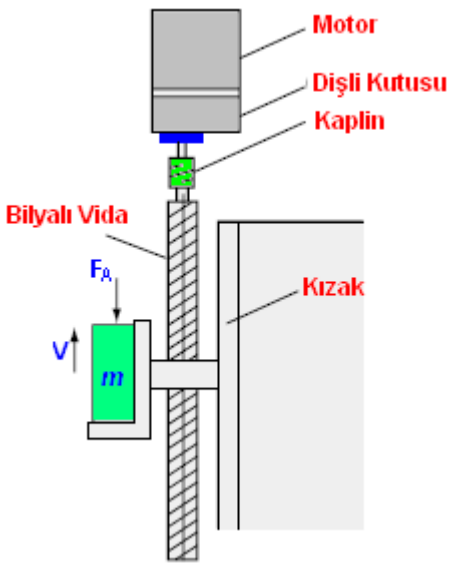


Tabla ve iş parçasının toplam kütlesi: m= 30[kg]
Tabla hızı V= 15 ± 2 [mm/sn]
Harici kuvvet F= 0 [N]
Bilyeli vidanın eğiklik açısı (tilt angle) a=900
Bilyeli vidanın toplam uzunluğu L_B=800[mm]
Bilyeli vidanın çapı d_B=20[mm]
Bilyeli vidanın adımı P_B=5[mm]
Bilyeli vidanın bir dönüşü için ilerleme miktarı A=5[mm]
Bilyeli vidanın verimi η=0.9
Bilyeli vidanın malzemesi (çelik)(yak. yoğunluk) $\rho=7.9x10^3$ kg/m^2
Somunun dâhili sürtünme katsayısı μ_0=0.3
Kayan yüzeylerin sürtünme katsayısı μ=0.05

- **İletim oranı**

Dişli kutusunun çıkış milindeki hız:

$$N_G = \frac{V.60}{P_B} = \frac{(15 \pm 2)x60}{5} = 180 \pm 24 \text{ [dev/dk]}$$

Servo motorun çalışma hızının $1450 : \ 1550$ [dev/dk.] olduğu kabul edilirse iletim oranı(i);

$$\text{i} = \frac{1450 : \ 1550}{180 \pm 24} = 7.1 : \ 9.9$$

olur. Bu oranlar arasında iletim oranı 9 seçilir.

- **Gerekli tork**

Bilyeli vida yönündeki yükün ağırlığı:

$$F = F_A + mg(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)$$

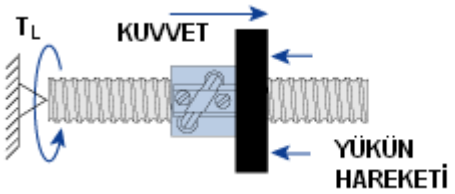
$$F = 0 + 30x9.8(\sin 90^o + 0.05\cos 90^o)$$

Bilyeli vida ile somun arasında bir boşluk olmaması için üretim esnasında sıkılık verilir. Buna pilot basıncı denilmektedir. Bu değer, vidanın üzerine binen yükün üçte biridir.

Yükten dolayı meydana gelen pilot basınç yükü:

$$F_o = \frac{F}{3} = 98[N]$$

Yük torku vidanın uyguladığı eksenel kuvvet ve pilot basıncın toplamıdır.



$$T_L = \frac{FxP_B}{2\pi\eta}$$

$$T_L = \frac{FxP_B}{2\pi\eta} + \frac{\mu_0 xF_0 xP_B}{2\pi}$$

$$\text{T}_\text{L} = \frac{294 \text{ x } 5.10^{-3}}{2\pi \text{ x } 0.9} + \frac{0.03\text{x}98\text{x}5.10^{-3}}{2\pi}$$

$$\text{T}_\text{L} = 0.283[Nm]$$

Bu değer dişli kutusunun milindeki torktur. İletim oranı kullanıldığı için bu değerin motor miline dönüştürülmesi gerekir.

$$T_M = \frac{T_L}{i.\eta_G}$$

$$T_M = \frac{0.283}{9x0.81} = 0.0388[Nm] = 38.8[mN \cdot m]$$

Burada η_G , dişli kutusunun verimidir.

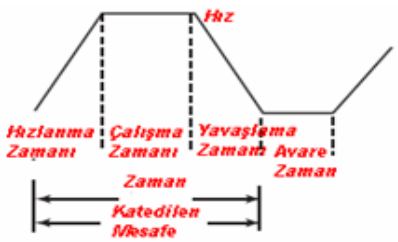
Bu değer, genellikle bir güvenlik katsayısı ile çarpılır.

38.8 x 2 =77.6 [mNm]

Bu değer kataloglardan aranır.

- **Hız profili**

Servo motorların yapısı gereği sürekli dur-kalk-aniden hızlan ya da yavaşla türü hareket gerektiren yerlerde kullanılır. Böyle hareketlerin önceden hız-zaman grafiğinin çizilmesi gerekir. Bu grafik üzerinde hareket profilini betimleyen tüm unsurların bulunması gerekir.



İhtiyaç

Hız	=	_____	dev/dak m/sn yada cm/sn
İvmelenme Zamanı	=	_____	sn
Çalışma Zamanı	=	_____	sn
Yavaşlama Zamanı	=	_____	sn
Avare(Boş) Zaman	=	_____	sn

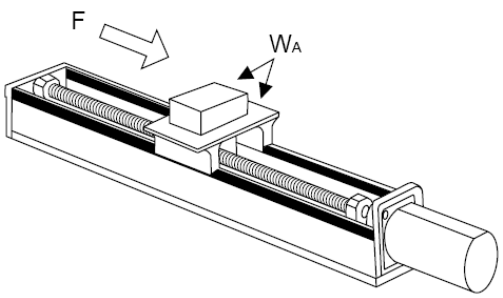
ya da:

Katedilen Mesafe	=	_____	rad yada cm
Zaman (toplam)	=	_____	sn
Avare Zaman	=	_____	sn

Şekil 6 Hareket tanımlamaları

Örnek:

Bilyeli vidayı süren servo motor seçimi



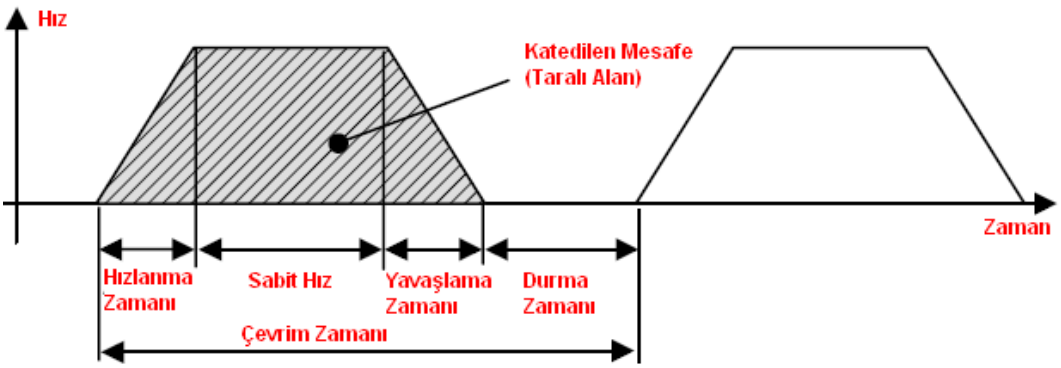
- **Mekanik sistem parametreleri**

İş parçası Ağırlığı WA = 10 [kg]
Bilyeli Vida Uzunluğu BL = 0.5 [m]
Bilyeli Vidanın Çapı BD = 0.02 [m]
Bilyeli Vidanın Adımı BP = 0.02 [m]
Bilyeli Vidanın Verimi B□ = 0.9
Kat edilen Mesafe s = 0.3 [m]
Kaplinin Atalet Momenti JC = 10x10-6 [kg□□□m2]

- **Çalışma deseni**

İvmeleme Zamanı t_a = 0.1 [sn]
Sabit Hız Zamanı t_b = 0.8 [sn]
Yavaşlama Zamanı t_d = 0.1 [sn]
Çevrim Zamanı t_c =2 [sn]

- **Hareket grafiği**



- **Bilyeli vidanın ağırlığı**

$$B_W = \rho \times \pi \times \left(\frac{B_D}{2}\right)^2 \times B_L = 7.9 \times 10^3 \times \pi \times \left(\frac{0.02}{2}\right)^2 \times 0.5$$

$= 1.24$ [kg]

- **Yükün ataleti**

$$J_L = J_C + J_B = J_C + \frac{1}{8} B_W \times B_D^2 + \frac{W_A \cdot B_P^2}{4\pi^2}$$

$= 0.00001 + (1.24 \times 0.02^2) / 8 + 10 \times 0.02^2 / 4\pi^2$

$= 1.73 \times 10^{-4}$ [kg·m^2]

- **Motor milinin atalet momenti**

200 W'lık bir motor seçildiğinde katalogdan

$J_M = 0.17 \times 10^{-4}$ [kg·m^2]

- **Atalet oranının hesabı**

$J_L / J_M = 1.73 \times 10^{-4} / 0.17 \times 10^{-4}$

Buna göre atalet oranı 10.2'dir. Servo motorlar için bu oran en fazla 20'dir. 100W'lık motor (JM =0.064x10-4) seçilseydi bu oran 27 olacaktır.

- **Azami hızın (Vmaks) hesabı**

$$Katedilen\ Mesafe = \frac{1}{2} xHızlanma\ Zamanı\ x\ V_{max} + Sabit\ Hız\ Zamanı\ x\ V_{max} + \frac{1}{2}\ x\ Yavaşlama\ Zamanı\ x\ V_{max}$$

$$\frac{1}{2} \times 0.1 \times Vmax + 0.8 \times Vmax + \frac{1}{2} \times 0.1 \times Vmax = 0.3$$

$$0.9 \times Vmax = 0.3$$

$$= 0.3 / 0.9 = 0.334\ [m/s]$$

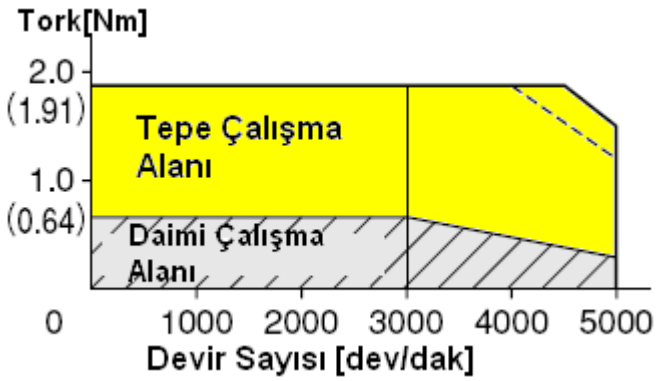
- **Motor hızının hesabı (rad/dk.)**

Bilyeli vidanın adımı (bir dönüşte aldığı yol) 0.02 [m] olduğundan

$$N = 0.334 / 0.02 = 16.7\ [rad/sn]$$

$$= 16.7 \times 60 = 1002\ [rad/dak]$$

Numune olarak "Panasonic Minas MSMD022" motorunun tork/hız grafiğini alırsak;



1002 [rad/dk.], 200W'lık motorun çalışma devrinden (3000) küçük olduğundan doğru bir tercihtir.

- **Tork hesabı**

Sabit hızda tork:

$$T_f = \frac{B_P}{2\pi B \eta} (\mu g W_A + F) = \frac{0.02}{2\pi \times 0.9} (0.1 \times 9.8 \times 10 + 0)$$

$$= 0.035\ [N \cdot m]$$

İvmelenme (hızlanma) torku:

$$T_a = \frac{(J_L + J_M) \times 2\pi N\ [\text{rad/sn}]}{\text{Hızlanma Zamanı [sn]}} + \text{Sabit Hızda Tork}$$

$$= \frac{(1.73 \times 10^{-4} + 0.17 \times 10^{-4}) \times 2\pi \times 16.7}{0.1} + 0.035$$

$$= 0.199 + 0.035 = 0.234\ [\text{N·m}]$$

Yavaşlama torku:

$$T_d = \frac{(J_L + J_M) \times 2\pi N\ [\text{rad/sn}]}{\text{Yavaşlama Zamanı [sn]}} - \text{Sabit Hızda Tork}$$

$$= \frac{(1.73 \times 10^{-4} + 0.17 \times 10^{-4}) \times 2\pi \times 16.7}{0.1} - 0.035$$

$$= 0.199 - 0.035 = 0.164\ [\text{N·m}]$$

- **Azami torkun sağlaması**

Hızlanma torku Ta=0.234 [Nm] < 1.91

$$T_{rms} = \sqrt{\frac{T_a^2 \times t_a + T_f^2 \times t_b + T_d^2 \times t_d}{t_c}}$$

$$= \sqrt{\frac{0.234^2 \times 0.1 + 0.035^2 \times 0.8 + 0.164^2 \times 0.1}{2}}$$

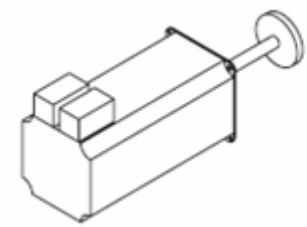
$$= 0.065\ [\text{N·m}]$$

Bu değer de yine 200W'lık motorun 0.64 [Nm] tork değerinden küçüktür.

UYGULAMA FAALİYETİ

Aşağıdaki tahrik çeşitli verilen motorlara ait verileri kendiniz tespit ederek motorların tork değerlerini hesaplayınız.

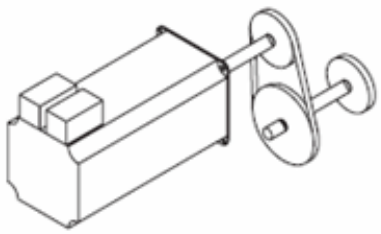
(a)



Doğrudan Tahrik

Yük Ataleti = _____ kg-cm²
Yükün Sürtünmesi = _____ g-cm

(b)



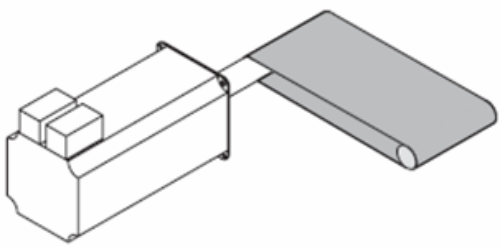
Kayış/Dişli

Yük Ataleti = _____ kg-cm²
yada
Çap = _____ mm
ve
Uzunluk = _____ mm
Yükün Sürtünmesi = _____ g-cm
Kayış/Dişli Oranı = _____ :1
Verim = _____ %

(c)

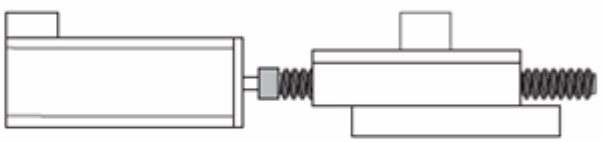
Kayış/Dişli

Yük Ataleti = _____ kg-cm²
yada
Çap = _____ mm
ve
Uzunluk = _____ mm
Yükün Sürtünmesi = _____ g-cm
Kayış/Dişli Oranı = _____ :1
Verim = _____ %



(d)

Hız = _____ dev/dak m/sn yada cm/sn
İvmelenme Zamanı = _____ sn
Çalışma Zamanı = _____ sn
Yavaşlama Zamanı = _____ sn
Avare(Boş) Zaman = _____ sn



ya da:

Katedilen Mesafe = _____ rad yada cm
Zaman (toplam) = _____ sn
Avare Zaman = _____ sn

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Aşağıdakilerden hangisi motordan gelen hız bilgisini değerlendirerek motoru süren elemanları barındırır?

A) Servo Sürücü
B) Servo Motor
C) Mikro işlemci
D) Mikro denetleyici

2. Servo motorların vidalı tahriklerinde hangi vida türü kullanılır?

A) Kare Vida
B) Bilyeli Vida
C) Üçgen Vida
D) Trapez Vida

3. Birim zamanda hız artışı olarak tarif edilen fiziksel büyüklük aşağıdakilerden hangisidir?

A) Çizgisel Hız
B) Yer Değiştirme
C) İvme
D) Açısal Hız

4. Kuvvetlerin döndürücü tesiri olarak tarif edilen fiziksel büyüklük aşağıdakilerden hangisidir?

A) Tork
B) Momentum
C) İvme
D) DKütlesel Atalet Momenti

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ–2

AMAÇ

Servo mekanizmayı taslak çizim ve devre şemasına uygun olarak yapacaksınız.

ARAŞTIRMA

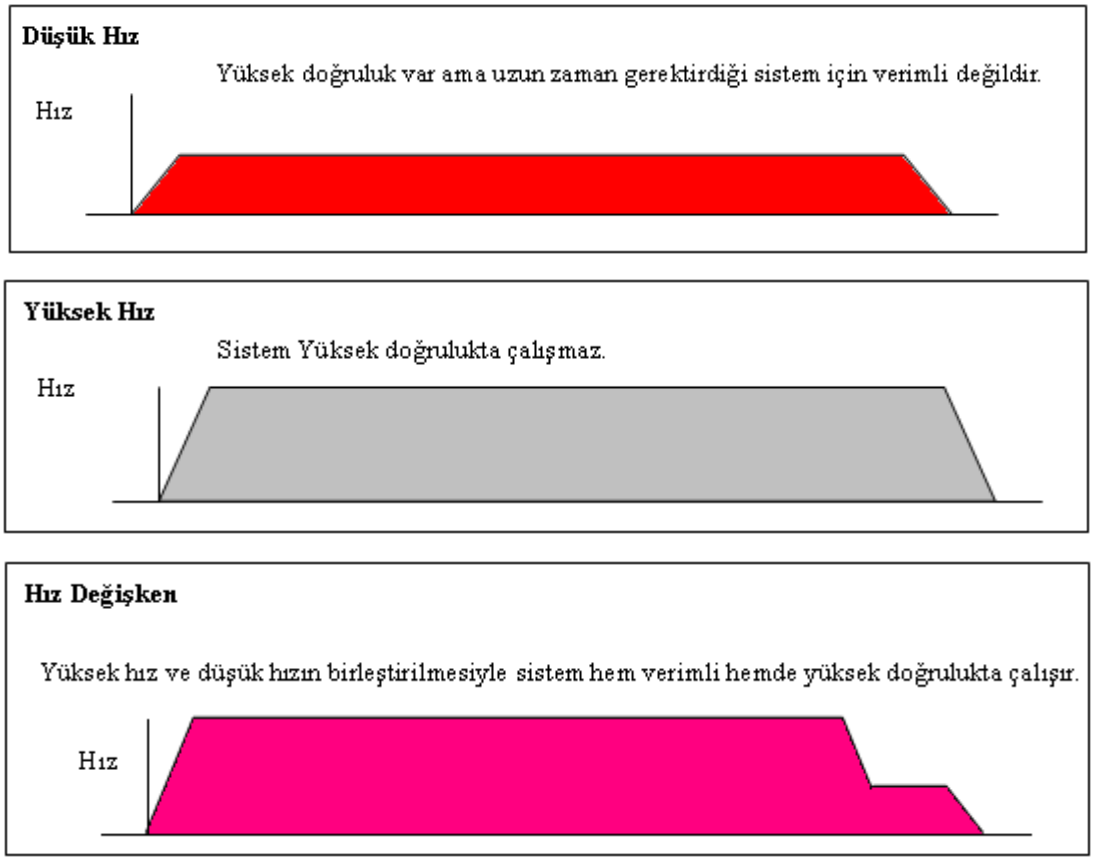
- Bu faaliyette daha önceki modüllerde kullandığımız motor tiplerini tekrar gözden geçiriniz. Servo motorun yapısı hakkında araştırma yapınız.
- Servo motorun sanayide kullanım alanlarını araştırınız.
- Birden fazla servo motorun eş zamanlı olarak birbiriyle koordineli nasıl çalışabileceği hakkında araştırma yapınız.

2. POZİSYON KONTROLÜN ANA HATLARI

Eksenler üzerlerine yerleştirilmiş "AC Servo Motorlar" sayesinde, sistemin hareketi, belirlenmiş özel noktalarda kontrol edilebilir. Eksenlerin belirlenmiş özel noktalara ulaşmaları ve bu noktalara ulaşırken geçen zaman gibi hususlar da çok önemli parametrelerdir. Bu hususlar sistemin çalışma hızıyla yakından ilişkilidir. Sistem yavaş hızda çalıştırılırsa yüksek hassasiyette çalışır. Ancak verimi düşük olur. Öte yandan, sistem yüksek hızda çalıştırılırsa hassasiyet düşük olur. Sistemin doğruluğu da azalır. Bu yüzden pozisyon kontrol işleminde yüksek hız ve düşük hız birlikte kullanılır. Sistem yüksek hıza sahipse belirlenen özel noktaya yaklaşıldığı zaman sistem düşük hıza geçirilir. Dolayısıyla istenilen noktaya yavaş bir şekilde gelinir. Pozisyon kontrolde hız etkin şekilde kullanılmış olur. "AC Servo Motor" kullanarak pozisyon kontrol işlemi yapılacaksa PLC, pozisyon kontrol ünitesi, "AC Servo Motor" ve "Servo" yükselteç gibi kontrol ünitelerinin sistemde bulunması gerekir. Pozisyon kontrol ünitesinde tüm parçaların kendine özgü fonksiyonları vardır.

AC servo motorlu pozisyon kontrol işleminde PLC, pozisyon kontrol ünitesi, AC servo motor ve servo sürücü kullanılır. Pozisyon kontrol ünitesinde tüm parçaların parçanın kendine özgü bir fonksiyonu vardır.

Eksenlerin belirlenmiş özel noktalara tayin edilen zamanda ulaşmaları sistemin çalışma hızıyla yakından ilişkilidir. Sistem yavaş hızda çalıştırılırsa yüksek hassasiyette çalışır. Ancak zamandan kaybettirir. Öte yandan, sistem yüksek hızda çalıştırılırsa hassasiyet düşük olur. Bu yüzden pozisyon kontrol işleminde yüksek hız ve düşük hız ardışık olarak kullanılır. Sistem yüksek hıza sahipse belirlenen özel noktaya yaklaşıldığında sistem düşük hıza geçirilir.



Şekil 2.1: Hız-doğruluk bağıntısı

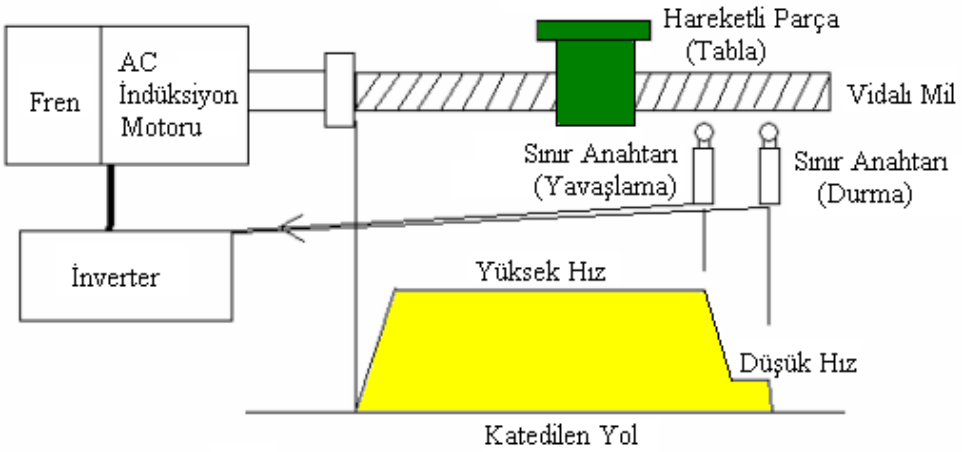
2.1. Pozisyon Kontrolünün Modları ve Metotları

Pozisyon kontrolü farklı modlar ve metotlarla uygulanabilir. Bu modlar ve metotlar hakkında genel bilgileri inceleyelim.

2.1.1. Pozisyon Kontrol Modları

Pozisyon kontrolünün farklı modu bulunur. Bunlar sırasıyla:

➢ **Limit anahtarı modu (indüksiyon motor)**

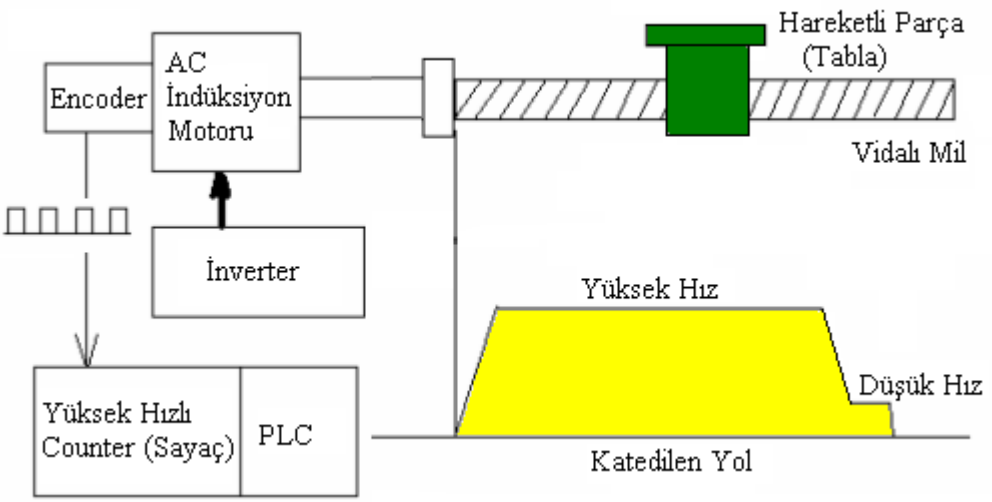


Şekil 2.2 : Limitleme anahtarı modu

2 adet sınır anahtarı veya yaklaşım sensoru hareketli parça üzerine takılır. Bu iki anahtardan birincisi hızı azaltmak için kullanılırken diğeri ise sistemi durdurmak içindir. Sonuçta hareketli parça aniden değil de kademeli olarak duracaktır(Hassasiyet : +-0.01—0.05mm).

➢ **Darbe sayma modu (indüksiyon motor)**

Darbe üreteci (encoder), motor üzerinde ya da dönen eksenlere monte edilir. Üretilen bu darbeler hızlı çalışan sayaçlarla sayılır. Sayacın değeri ayarlanan sayı değerine ulaştığında hareketli parça duracaktır. Bu tür çalışmada limitleme anahtarları kullanılmadığından pozisyon kontrol kolaylıkla yapılır. (Hassasiyet: +- 0.1—0.5mm)

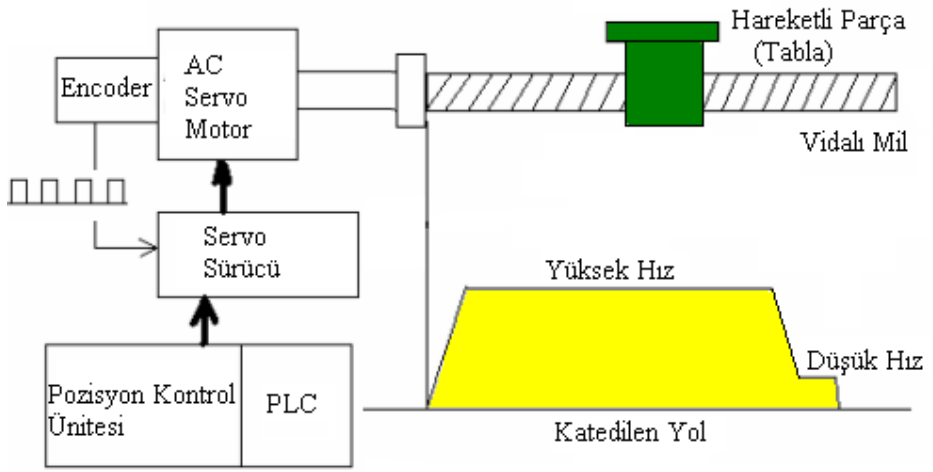


Şekil 2.3: Darbe sayma modu

Darbe üreteci (encoder), motor üzerine ya da dönen eksenlere monte edilir ve bu sayede motorun dönüşünden elde edilen darbeler sayılarak motorun dönüş hızı denetlenir. Motorun bir dönüşteki hareketi, encoderin 1 dönüşlük darbe üretmesine sebep olur. Motorun bir dönüşlük hareketi ile orantılı olarak motor miline bağlı hareketli parça belirli bir mesafe hareket eder.

Üretilen bu darbeler PLC'nin hızlı çalışan sayaçlarla sayılır. Sayacın değeri ayarlanan sayı değerine ulaştığında hareketli parça duracaktır. Bu tür çalışmada sınır anahtarları kullanılmadığından pozisyon kontrolü daha güvenlidir (Hassasiyet : +-0.01—0.05mm).

- **Darbe komutu modu (ac servo motor)**



Şekil 2.4: Darbe komutu modu

"AC Servo Motor"un darbe komutu modunda uygulaması yapıldığında motor, giriş darbelerinin oranına göre dönecektir.

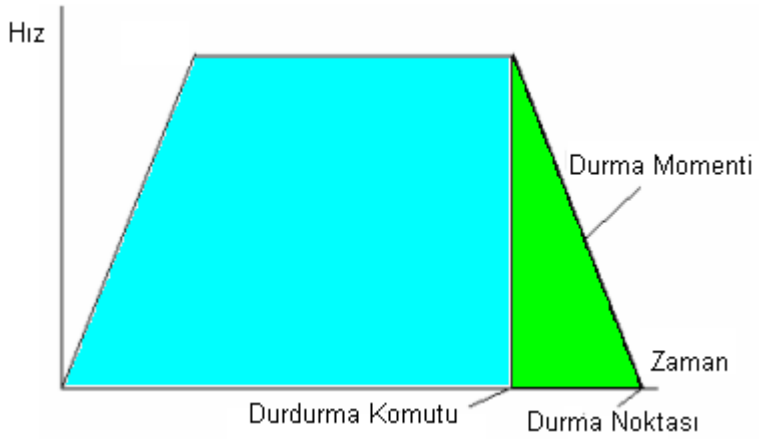
Hareketli parçanın gideceği mesafeyle orantılı olarak girişten darbe uygulanır. Sonuçta yüksek hızda ve yüksek doğrulukta pozisyon kontrolü yapmak mümkündür (Hassasiyet : +-0.01—0.05mm).

Servo mekanizmalı sistemlerde kullanılan bu mod diğer modda çalışan sistemin kusurlu taraflarını gidermek için geliştirilmiştir. Encoder, servo motor üzerine yerleştirilmiş olup sürekli olarak motorun dönüş mesafesini algılar. Hız ardışık olarak kontrol edilir ve çok aşamalı olarak hedef pozisyona ulaşılır.

2.1.2. Durdurma Hassasiyeti

Servo motorun durdurulmasında da farklı modlar bulunur bu modlar sırasıyla:

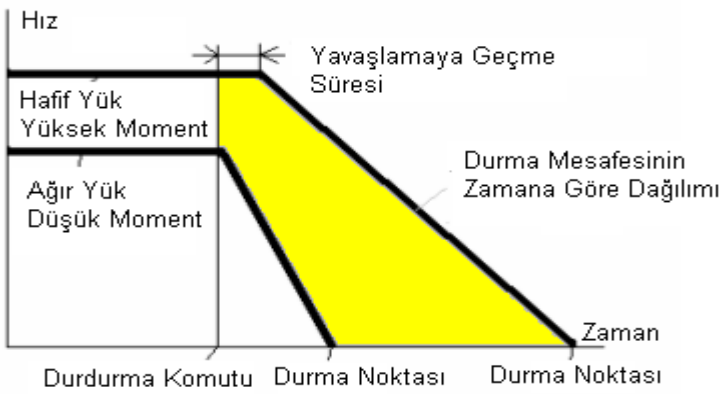
2.1.2.1. Sınır Anahtarı Modu



Şekil 2.5: Sınır anahtarı modu

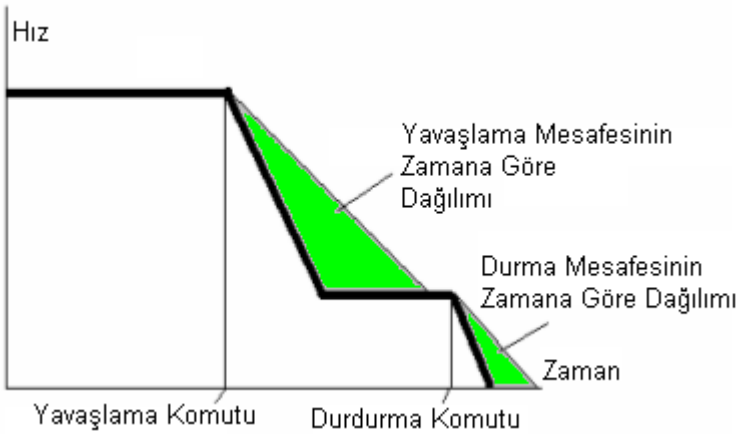
Motorun dönme hareketi sayesinde doğrusal hareket eden parça, durdurulmak istendiğinde, hareketli parçanın pozisyonunu algılayan anahtarlardan (limit switch) gelen sinyal, motora durma komutu gönderir. Motor bu sayede durdurulur. (İdealde frenleme işlemi algılanan sinyalle eş zamanlı yapılmalıdır.)

Durma komutunun uygulanması ile gerçek durma pozisyonu arasında geçen zamanda sistemin hareket momenti vardır. Bu kısım şekilde sol tarafı taralı alanla gösterilmiştir.



Şekil 2.8: Sınır anahtarı modu

Yukarıdaki grafikte, hareketli parçanın durma komutu aldıktan sonra durma eylemine başlaması sırasındaki karakteristiği gösterilmiştir. Hareketli parçayı süren motor, dur komutunu aldıktan sonra hızının azalması olayı belli zaman aralıklarıyla olur.



Şekil 2.9: Sınır anahtarı modu

Üsteki şekilde olduğu gibi, durma eyleminin karakteristiği istenilen şartlarda değilse daha etkin bir metot olan kademeli hız azaltma yöntemi kullanılır. Fakat sadece motoru sürme hızı azaltılırsa verimlilik düşecektir. Genelde sistemin hızı yüksekten aşağıya çekildikten sonra parça durdurulur.

2.1.2.2.Darbe Sayma Modu

Encoder, motorun üzerine takılır ve bu sayede motorun dönüşünden elde edilen darbeler sayılarak motorun dönüş hızının kontrolü yapılır. Motorun bir dönüşteki hareketi, encoderin 1 dönüşlük darbe üretmesine sebep olur ve motorun bir dönüşlük hareketi ile orantılı olarak motor miline bağlı hareketli parça belli bir mesafe hareket eder. Bu mesafe motorun durdurulması için en küçük birimdir. Bu durumda motorun dönme hızından oluşan atalet momenti kaybolmayacaktır.

2.1.2.3.Darbe Komut Modu

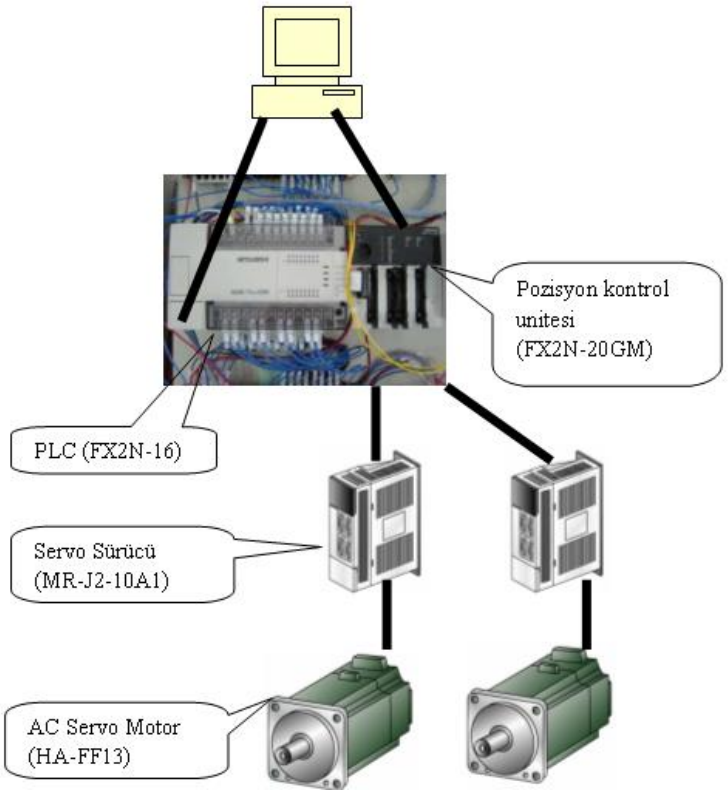
Servo mekanizmalı sistemlerde kullanılan bu mod diğer modda çalışan sistemin eksik yönlerini gidermek için geliştirilmiştir. Encoder, servo motor üzerine yerleştirilmiş olup sürekli olarak motorun dönüş mesafesini algılar.(Hareketli parçanın gittiği mesafe). Hız ardışık olarak kontrol edilir ve çok aşamalı olarak hedef noktasına ulaşılır. Bu modla çalışmada doğruluk oranı çok yüksektir.

Bu tür çalışmada, motor durduğu zaman, atalet uzaklığı oluşmaz. Bu yüzden yüksek doğrulukta çalışan pozisyon kontrolü sağlanmış olur.

2.2. Pozisyon Kontrol Hücresinin Yapısı

Aşağıdaki resimde "AC Servo Motor Kontrol" ünitesinin yapısı gösterilmektedir.

Uygulamalarda FX-20GM pozisyon kontrol ünitesi kullanılmıştır. Servo amplifier için ise MR-J2-10A1 kullanılmıştır.



Şekil 2.10: Pozisyon kontrol ünitesi parçaları

Şekil 2.11: Servo motor – Servo driver – PLC – Pozisyon kontrol ünitesi

2.3. Servo Motorun Yapısı

Bu uygulamada Mitsubishi HA-FF13 seri nu.lu AC servo motor kullanılacaktır.

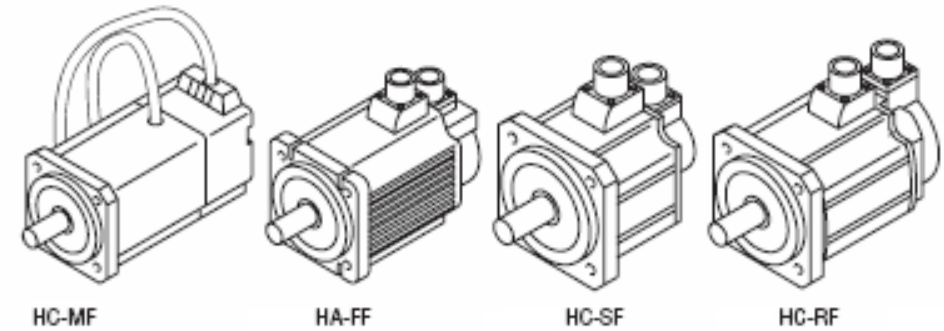
Şekil 2.12: Servo motor

Motorun bağlı olduğu ailenin diğer fertleri:

Motor Series	Rated speed (maximum) (r/min)	Rated output capacity (kW)	Servo motor model	Servomotor type		Amp pairing MR-J2 *(Eş Sürücü)*					
				With Electro-magnetic brake (B)	With absolute encoder	10A 10B 10C	20A 20B 20C	40A 40B 40C	60A 60B 60C	70A 70B 70C	…
HA-FF series	3000 (4000)	0.05	HA-FF053	○	○	○					
		0.1	HA-FF13	○	○	○					
		0.2	HA-FF23	○	○		○				
		0.3	HA-FF33	○	○			○			
		0.4	HA-FF43	○	○			○			
		0.6	HA-FF63	○	○				○		

Tablo 2.1: Mitsubishi servo motor HA ailesi

Motor etiketlerinde yazan ifadelerin anlamı



Şekil 2.13: Servo tipleri

HC - MF □ □ □ □

Series
HC-MF
HA-FF
HC-SF
HC-RF

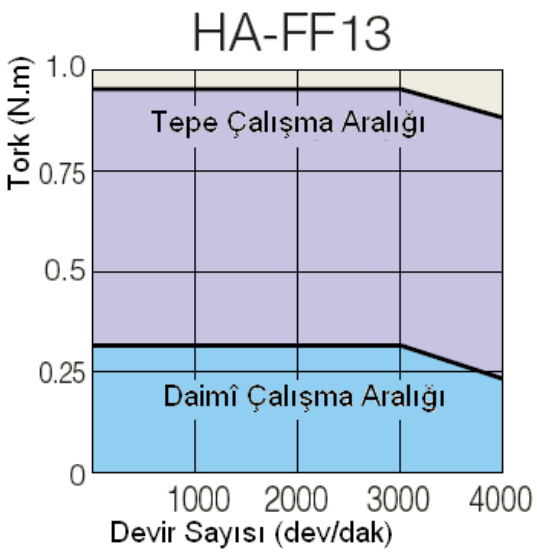
Anma Gücü		Anma Gücü	
Code	Rated output [W]	Code	Rated output [W]
05	50	6	600
1	100	7	750
2	200	10	1000
3	300	15	1500
4	400	20	2000

Anma Hızı	
Code	Rated speed [rpm]
2	2000
3	3000

Elektromanyetik Fren	
Code	Electromagnetic brake
—	—
B	●

Şekil 2.14: Servo motor etiketi

Servo motorun tork özellikleri



Şekil 2.15: Servo motor tork-devir grafiği

2.4. Servo Sürücü

HA-FF13 modeli için servo sürücü seçimi:

Şekil 2.15: Servo sürücü

MR-J2- 10 A 1

Mitsubishi servo-amp series name — Servo Sürücü Seri Adı

A: Standard
B: SSC-NET
C: With built-in positioning function
A:Standart
B:SSC-NET Bağlantılı
C: Yerleşik Konum Fonksiyonlu

Symbol	Power supply
None	3-phase AC 200V or single-phase AC 100V
1	Single-phase AC 100V

Yok — 3 faz AC 200V yada tek fazlı AC 100V
1 — Tek faz AC 100V

Compatible motor output capacity (kW) Uyumlu Motor Kapasitesi (kW)

Symbol	HC-MF	HA-FF	HC-SF			HC-RF	HC-UF	
			1000 r/min	2000 r/min	3000 r/min		2000 r/min	3000 r/min
10	053, 13	053, 13	—	—	—	—	—	13
20	23	23	—	—	—	—	—	23
40	43	33, 43	—	—	—	—	—	43
60	—	63	—	52	53	—	—	—
70	73	—	—	—	—	—	72	73
100	—	—	81	102	103	—	—	—
200	—	—	121, 201	152, 202	153, 203	103, 153	152	—
350	—	—	301	352	353	203	202	—

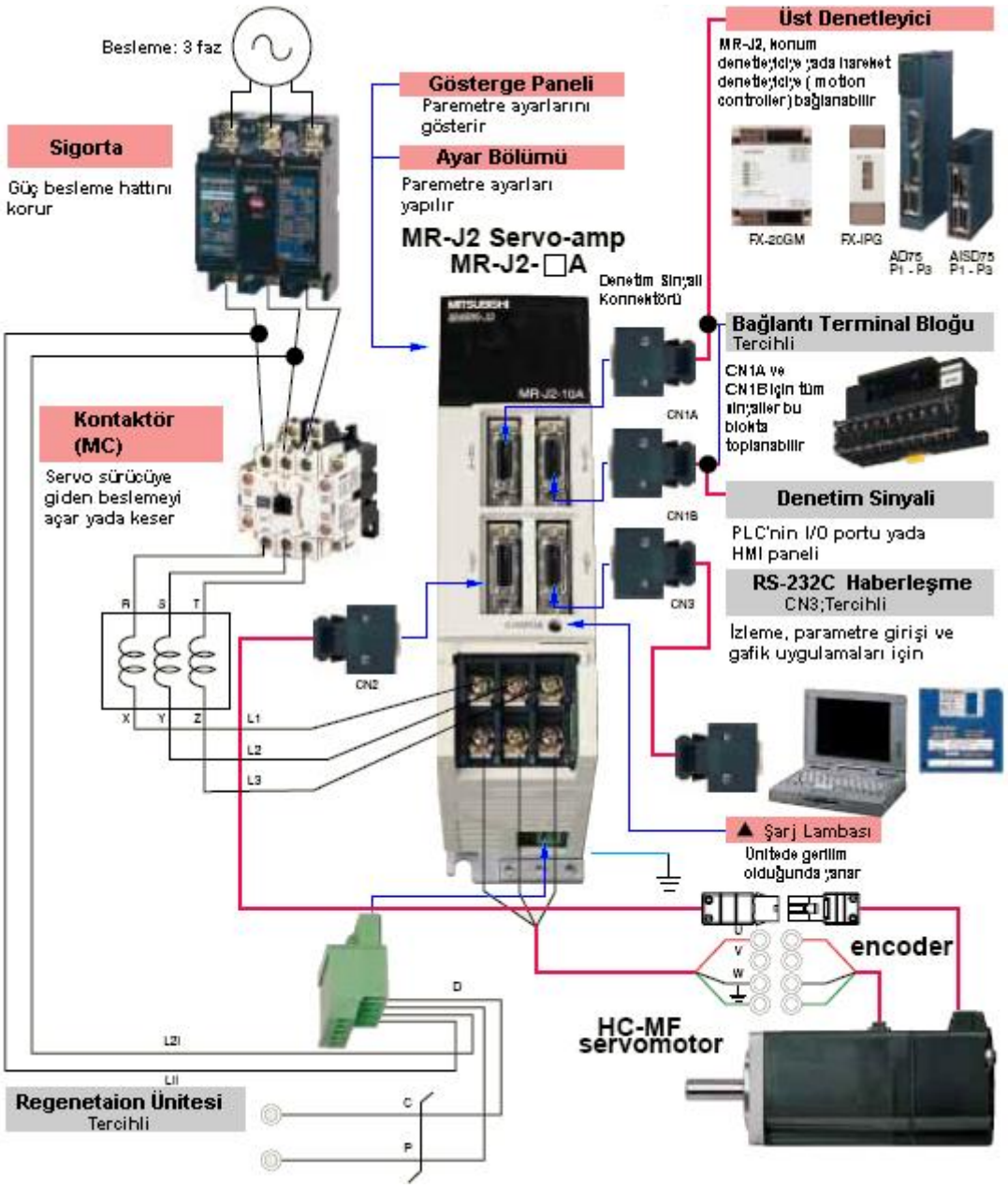
Şekil 2.16: Servo sürücü etiketi

MR-J2-10A servo sürücünün detaylı özellikleri:

Servo Motor Model	Açıklama	HA-FF13
Servo-amp model	Servo sürücü modeli	MR-J2-10A
Power facility capacity [kVA]	Güç kapasitesi	0.3
Rated output [W]	Çalışma gücü	100
Rated torque [Nm]	Çalışma torku	0.32
Maximum torque [Nm]	Azami tork	0.95
Rated rotation speed [rpm]	Çalışma hızı	3000
Maximum rotation speed [rpm]	Azami devir sayısı	4000
Permissible instantaneous rotation speed	Müsaade edilebilir anlık hız	4600
Power rate [kW/s]	Güç oranı	10.2
Rated current [A]	Çalışma akımı	1.1
Maximum current [A]	Tepe akımı	3.3
Moment of inertia (units with B) J [10^{-4} kg m^2]	Eylemsizlik momenti	0.113
Recommended load/ motor inertia ratio	Tavsiye edilen yük/ motor atalet oranı	10 times the servomotor's moment of inertia max. *(Servo Motorun Atalet Momentinin azami 10 katı)*
Speed/ position detector	Hız/konum algılayıcı	Resolution per encoder/servomotor rotation: 8192 P/rev *Çözünürlük: 8192 pals/devir)*
Weight [kg]	Ağırlık	1.5

Tablo 2.2: Mitsubishi servo sürücü özellikleri

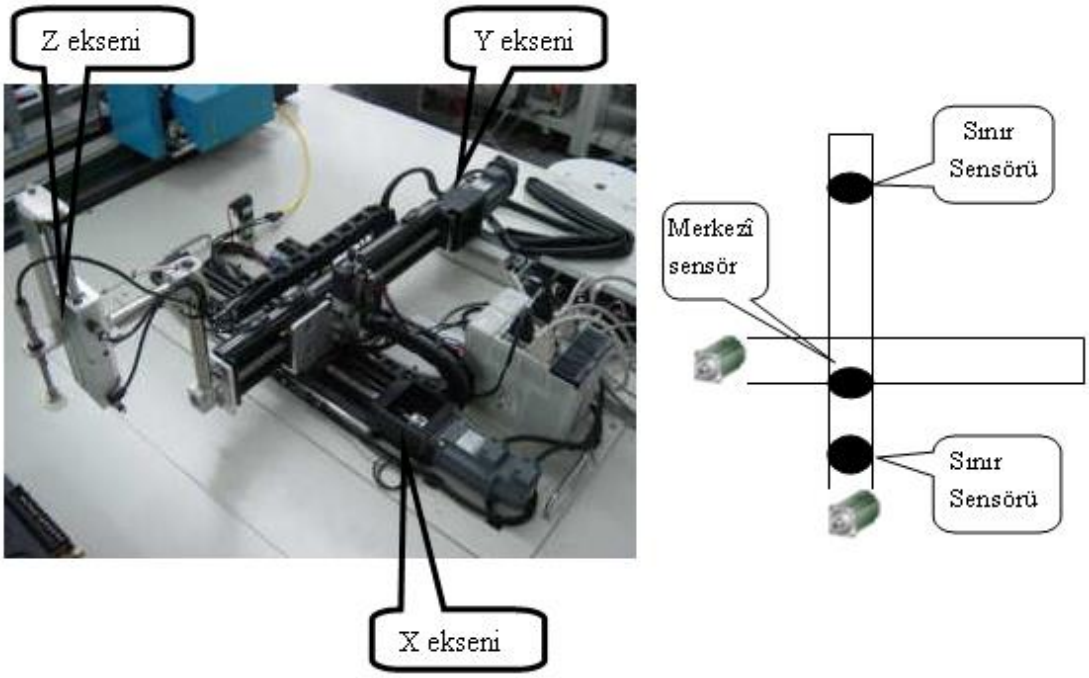
Servo sürücünün bağlantı şekilleri



Şekil 2.17: Bağlantı şekli

2.5. Robot Parçalarının Montajı

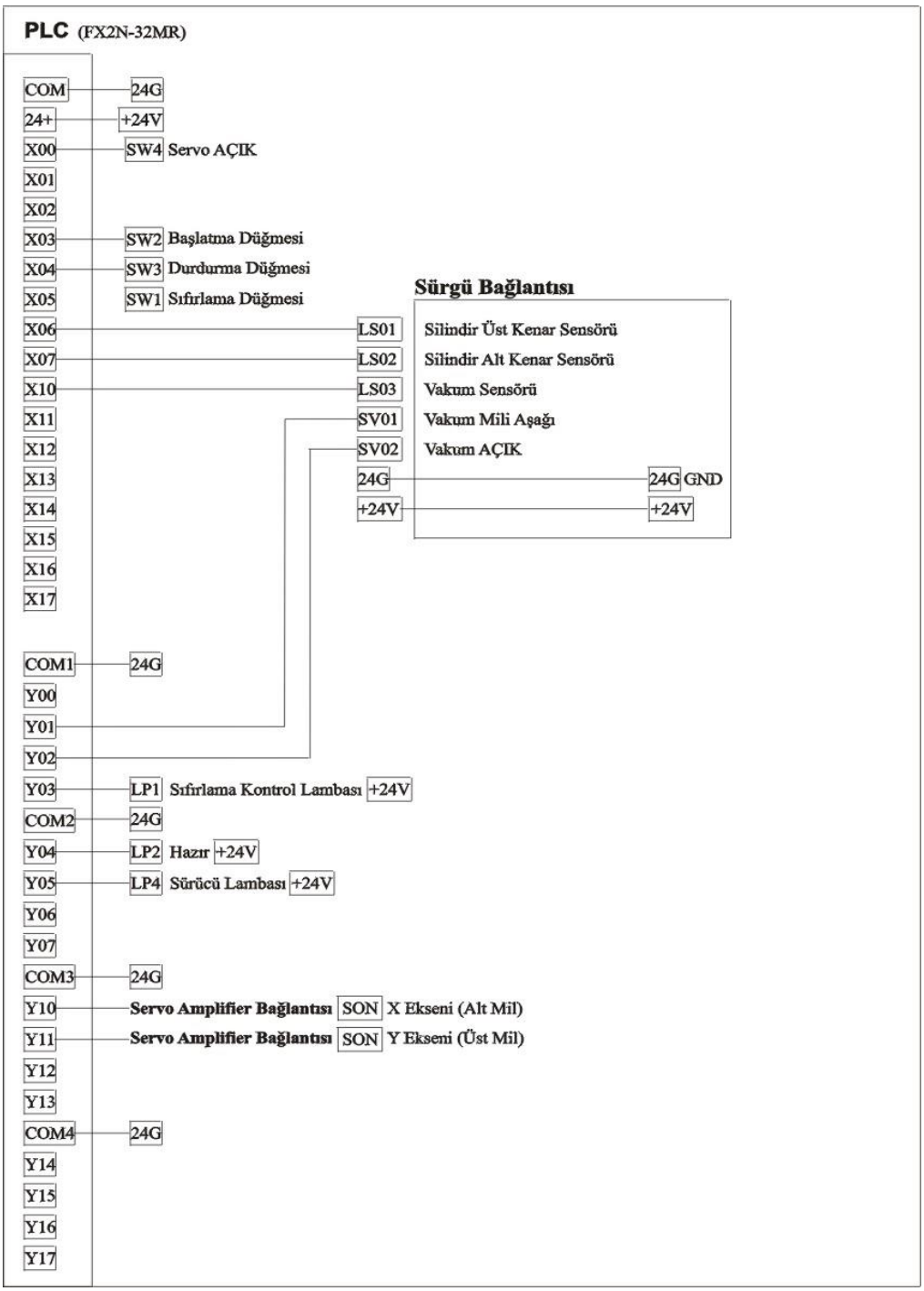
Bu uygulamada üç eksenli cross tipinde robot (BSC-3000/3) kullanılmıştır. Alttaki mil X ekseni olarak tanımlanmıştır ve üst mil ise Y ekseni olarak tanımlanmıştır.



Şekil 2.18: Mekanizma yapısı

2.6. Kablolama

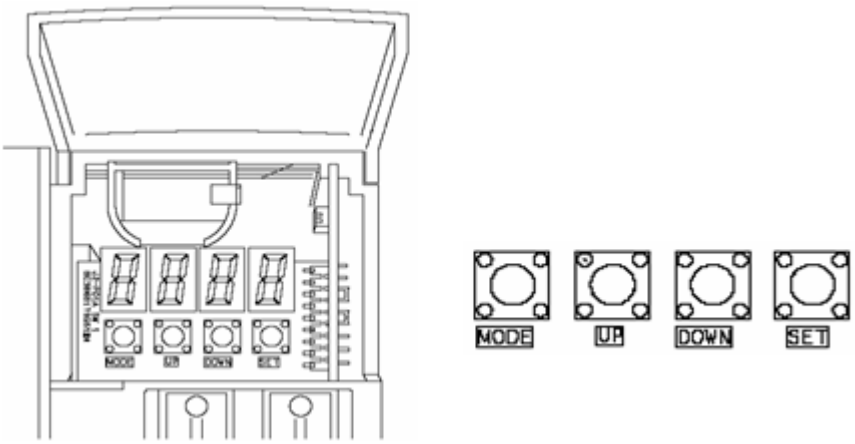
Aşağıdaki şemada PLC ile servo motor sürücüsünün bağlantı şeklini gösterir.



Şekil 2.19: PLC'nin kablolanması

2.7. Servo Sürücüsü Parametre Ayarı

Servo motoru çalıştırmak için servo sürücü için giriş dalga darbesinin şekli gibi birtakım ayarların yapılması gerekir.



Şekil 2.20: Servo sürücü ayar yeri

1. Parametre modu. MODE tuşu kullanılarak ekranda "P00" durumunu görebiliriz.

2. UP veya DOWN butonlarına basılarak parametre numarası belirlenir.

3. SET tuşuna basılır ve parametre değerleri görüntülenir.

4. SET tuşuna birden fazla basıldığı zaman, parametre ayarları üzerinde değişiklik yapabiliriz. Bu durumda ekrandaki yazı yanıp-sönme durumuna geçer. Bu yanıp sönme durumu ayarlama moduna geçildiğini gösterir.

5. UP veya DOWN tuşlarına basılarak parametre değerlerinin içeriği değiştirilebilir.

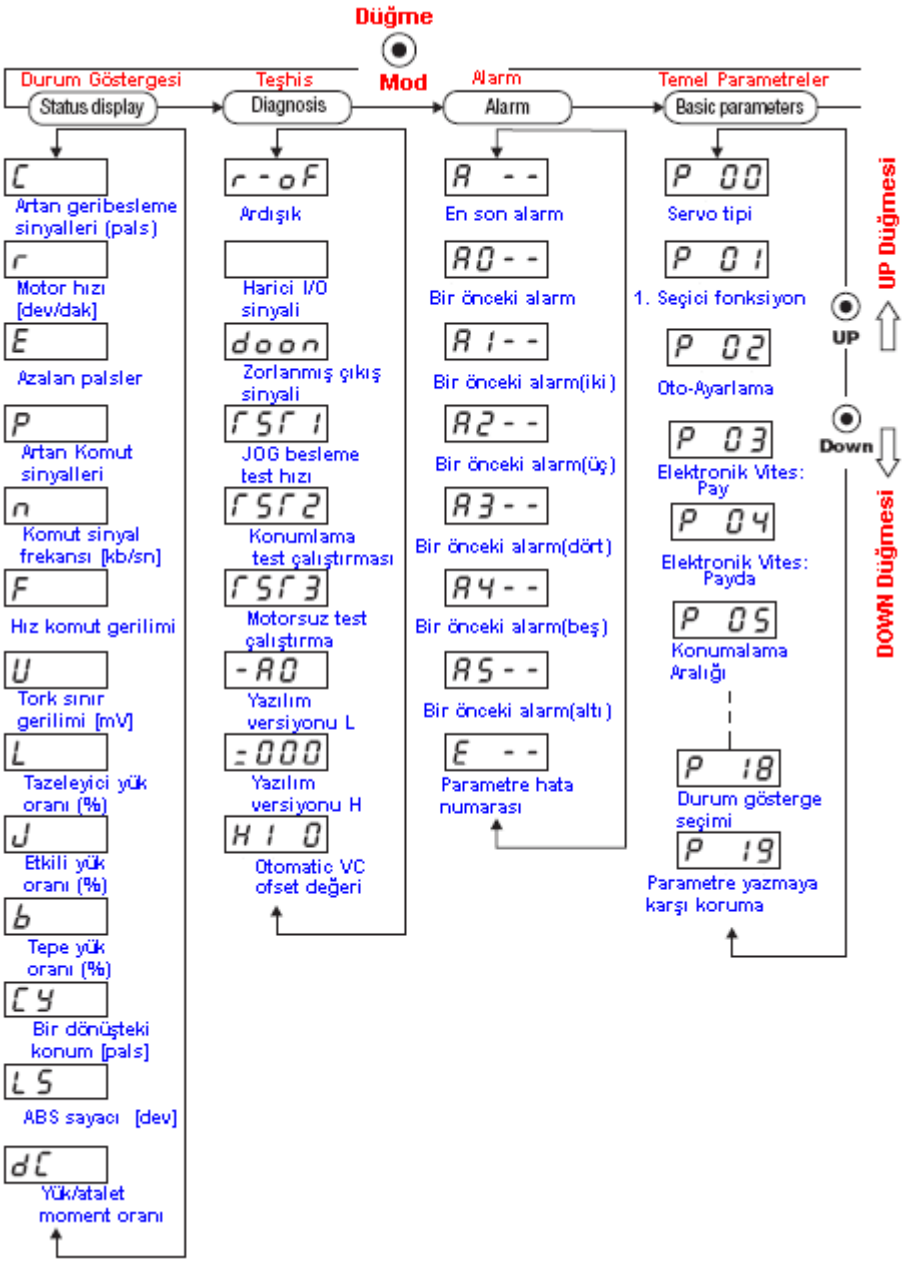
6. SET. tuşuna basılarak parametre değerlerinin içeriği hafızaya alınır.

7. Bu ayarlardan sonra UP veya DOWN tuşlarına basılarak diğer parametre değerleri üzerinde değişiklik yapılabilir.

8. UP veya DOWN tuşlarına uzun süre basılırsa ayarlanmak istenen değerlerinin değişimi sürekli olacaktır.

NOT: Servo sürücü kapatılıp açıldıktan sonra ayarlanan değerler etkin olur.

Sürücü parametreler aşağıda görülmektedir.



Şekil 2.21: Servo sürücü ayar parametreleri

Parametre ayarlarının içeriği:

PARA Nu.	Açıklama	Ayar Değeri	Dikkat Edilecek Noktalar
0	Kontrol modu, yenilenebilen durdurma opsiyonunun seçimi	0000	➢ Kontrol Modunun Seçimi:" 0" pozisyonu ➢ Dinamik durdurma opsiyonunun seçimi:"0" kullanılmaz.
2	Otomatik dönüş	0103	➢ Otomatik dönme seçeneği: 1 Her iki pozisyon ve hız döngüsü için çalıştırılabilir. ➢ Makinenin seçimi (Sürtünme): 0 Normal ➢ Otomatik dönüşün tepki değeri: 3 Orta değerde yanıt
3	Elektronik vites (Çoklamalı komut darbe faktörü sayıcısı)	256	4.1.1. numaralı konuya bakınız.
4	Elektronik vites (Çoklamalı komut darbe faktörünün birimi)	125	
Diğer parametre değerleri için başlangıç ayar değerleri kullanılır.			

Tablo 2.3: Parametre ayar değerleri

2.7.1. Kontrol Modu, Regenerative Durdurma Opsiyonunun Seçimi (Para Nu.0)

Çıkış sinyali ile ne kontrol edilecekse kontrol modu bu seçime göre ayarlanır. Kontrol edilecek nitelikler pozisyon, hız ve tork olabilir. Ancak bizim bu uygulamamızda pozisyon kontrolü üzerinde durulmuştur.

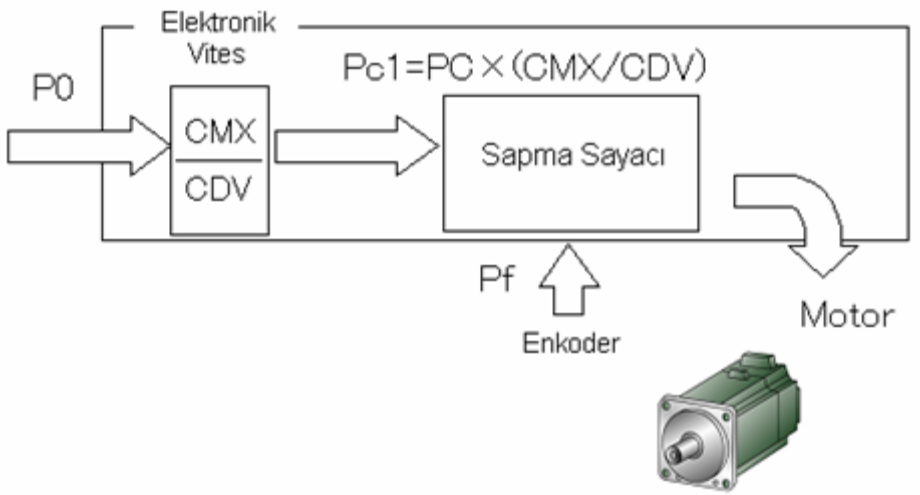
Servo amplifikatörden gelen komutlarla motorun hızı yüksek seviyelere ulaştığı zaman, motor elektrik enerjisi üreteci şeklinde çalışır ve sonuçta servo amplifikatör bozulabilir. Dinamik durdurma fonksiyonunda üretilen elektrik enerjisini yok edilebilir. Enerji direnç üzerinden ısı enerjisine çevrilerek harcanır.

2.7.2. Otomatik Dönüş (PARA Nu.2)

Servo yükselteç, çalışma sırasında makinenin karakteristiğine göre otomatik olarak ayarlama yapma fonksiyonuna sahiptir. (Atalet momenti). Yapılmak istenen kontrol işlemine göre için otomatik akortlama seçeneği ayarlanır. Seçilebilecek içerikler şunlardır:

- "Sadece hız kontrol döngüsü (Interpolation control)", "Hız ve pozisyon kontrolün her ikisi(Executed for both position and speed loops)", ve "hiçbiri(No)".
- "Normal" veya "Sürtünme kuvvetinin en büyük olduğu değer. (Friction is large)" menüleri cihazın seçme uçlarından ayarlanabilir. Sürtünme kuvvetinin en büyük olduğu değer seçildiği zaman gelişmiş pozisyon karakteristiği ayarı yapılabilir.

2.7.3. Elektronik vites (Çoklamalı komut darbe faktörü sayıcısı ve birimi) (PARA Nu.3 Nu.4)



Şekil 2.22: Elektronik vites

P0: Frekans komut darbesi (Command pulse frequency [pps])

Pf: Geri besleme darbesi (Feed back pulse [pls/rev])

Komut darbesi pozisyon kontrol ünitesinin çıkışından alınır. Elektronik vites, Servo yükseltece doğru olan komut darbesi ile encoderden gelen geri besleme darbesinin arasındaki oran olarak tanımlanır. Bu kısmın paydası CDV ve payı CMX şeklinde gösterilir.

CMX: Çoğullayıcı sabit (Constant MultipleX)

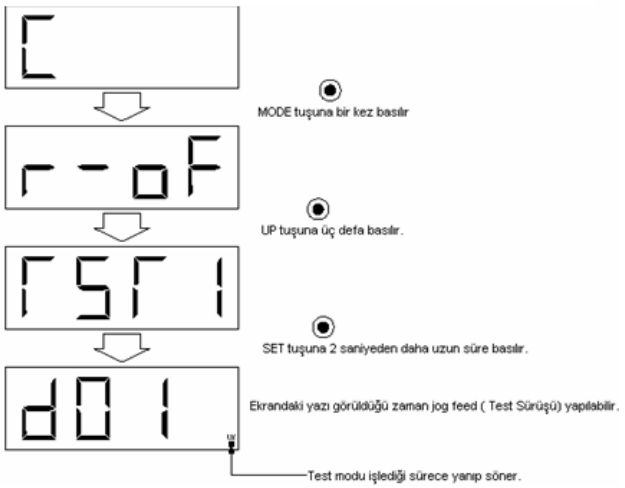
CDV: Bölücü sabit (Constant DiVision)

2.8. Test Sürüşü

Test sürüşü (jog feed) işlemi pozisyon kontrol ünitesinin girişinden, komut palsi zinciri göndermeksizin yapılabilir (Positioning control unit).

2.8.1. Mod Değiştirme

Güç kaynağını açıldıktan sonra ekrandaki gözüken değerler ayarlanır.



Şekil 2.23: Mod değişimi

2.8.2. Başlatma Metodu

Aşağıdaki işlemde servo motor 200[rpm]de döner. Bu anda, sabit hıza ulaşma ve durma süreleri 1[sn] ile sabitlenmiştir. Dâhili güç kaynağı kullanılmak istendiğinde, EMG-SG ve VDD-COM uçları birbirine bağlanmalıdır. (Bağlantı şemasına bakınız). Durdurmak için ilgili buton serbest bırakılmalıdır.

Dönme Yönü	İşlem
Saatin Tersi (CCW)	UP
Saat Yönü (CW)	DOWN

Şekil 2.24: Başlatma metodu

2.8.3. Göstergenin Durumu

Test sürüşü sırasında servo motorun durumunu görmek için "MODE" tuşuna basılır.

2.8.4. Test Sürüşünü Sonlandırmak

Test sürüşünden çıkmak için güç anahtarı bir defa kapatılır ya da ulaşmak için "MODE" tuşuna basılır ve ardından SET tuşuna 2[sn] den daha uzun süre basılır.

2.9. Pozisyon Kontrol Ünitesi (FX2N-20GM)

Pozisyon kontrol ünitesi birden fazla alt başlık hâlinde anlatılacaktır. Her bir alt başlık pozisyon kontrol ünitesine ait farklı bir özelliğine ait bilgiler içerir.

2.9.1. Parametre Ayarları

Pozisyon kontrolü için parametre girişleri FX-PCS-VPS/WIN-E program editöründen yazılım yoluyla girilir.

Parametre ayarları aşağıdaki gibi ayarlanmalıdır:

- Maksimum çalışma hızından komut darbe frekansı elde edilir ve gerek duyulursa servo amplifikatör üzerinden elektronik vites değiştirilir.
- Sistemin üniteleri belirlenir. (PARA.0)
- Darbe oranı (PARA.1) ve besleme darbesi belirlenir.(PARA.2)
- Motor sistem ünitesi PARA.0 olarak seçildiği zaman darbe oranı ve besleme darbesinin belirlenmesine gerek yoktur.
- Diğer parametreler belirlenir.

2.9.2. Komut Darbesi Frekansı ve Maksimum İşlem Hızı

Servo motorun HA-FF dönüş hızının oranına göre gerekli olan komut darbesi frekansı elde edilir. (3,000 r/min)

Servo motorun karakteristiğinden dolayı kesin dönüş hızında komut darbesi frekansı (f0) geri besleme darbesi frekansına karşılık gelecektir. Aşağıda bu eşitlik gösterilmiştir.

$$f0 \times \frac{CMX}{CDV} = Pf \times \frac{N0}{60} \qquad \text{(a)}$$

N0: Servo motorun dönüş hızı[rpm](Servo motorun özelliğine göre belirlenir.)

Servo sürücüde elektronik vitesin parametre değeri başlangıç değerine (1:1) oranında ayarlandığı zaman f0 frekansı yukarıdaki eşitliğe (formüle a'ya) uygulanır.

Pf encoderden gelen geri besleme darbesinin frekansıdır. Motor (HA-FF13), seçilmesi durumunda 8,192[pls/rev] ayarlanır. Bu değer motorun katalog değerinden alınır.

$$f0 \times = Pf \times \frac{N0}{60} = 8{,}192[pls/rev] \times \frac{3{,}000[rpm]}{60} = 409{,}600[pps]$$

Bununla birlikte pozisyon kontrol ünitesinin (FX2N-20GM) maksimum frekansı 200[kpps] olduğundan (katalog değerine göre) elektronik vites ayarlanmalıdır.

Elektronik vites $\frac{CMX}{CDV}$ (a) eşitliğinden elde edilir.

$$\frac{CMX}{CDV} = Pf \times \frac{N0}{60} \times \frac{1}{f0}$$
$$= 8{,}192[pls/rev] \times \frac{3{,}000[rpm]}{60[s]} \times \frac{1}{200 \times 10^3[pps]}$$
$$= \frac{256}{125}$$

Sonuç olarak "Servo Yükselteç"te parametre değerleri **Nu.3 (CMX)** ve **Nu.4 (CDV)** "**CMX=256, CDV=125**" şeklinde ayarlanır.

2.9.3. Ünitelerin Sistemleri

Seçilmesi gerekli üç farklı ünite sistemi vardır. Bunlar; mekanik sistemi, motor sistemi ve aşağıdaki özelliklere sahip birleştirilmiş sistemlerdir.

- **Mekanik Sistem [0]**

Bu sistem seçildiği zaman, mekanik birimindeki [mm/min, cm/min] hareket miktarı ve işlem hızında olduğu gibi hareket miktarı ve hız değerlerine bağlı olan parametreler ayarlanır. Buna ek olarak darbe oranı ve besleme oranı ayarlanmalıdır.

- **Motor Sistem [1]**

Bu sistem seçildiği zaman, darbe birimindeki [pls, Hz] hareket miktarı ve işlem hızında olduğu gibi hareket miktarı ve hız değerlerine bağlı olan parametreler ayarlanır. Bununla birlikte sistem içinde darbe ve besleme oranının ayarlanmasına gerek yoktur.

- **Birleşik Sistem [1]**

Bu sistem seçildiğinde hareket miktarı ve hızına bağlı parametre değerleri mekanik birim **[mm/min, cm/min]** olarak hareket miktarı ve işlem hızı ise darbe birimi **[pls, Hz]** olarak ayarlanır. Bununla birlikte darbe ve besleme oranının da ayarlanması gerekir.

2.9.4. Darbe Oranı ve Besleme Oranı

Darbe oranı ve besleme oranı aşağıdaki gibi elde edilmiş olacaktır.

- **Darbe oranı**

Darbe oranı servo motorun bir dönüşü için gerekli olan darbe miktarını gösterir ve aşağıdaki eşitlikten (b) elde edilir.

Darbe oranı (PARA Nu.1) $$A = Pf \times \frac{1}{\frac{CMX}{CDV}} \qquad \text{(b)}$$

Eşitlik (b)'de (CMX=256, CDV=125) şeklinde yazıldığı zaman ve darbe oranı elde edilir.

Darbe Oranı (PARA Nu.1) $$A = 8{,}192[pls/rev] \times \frac{1}{\frac{256}{125}} = 4{,}000[pls/rev]$$

- **Besleme oranı**

Besleme oranı, servo motorun bir dönüşüne karşılık çalışma parçasının hareket miktarını gösterir. Buradan aşağıdaki eşitlik (c) elde edilir.

Besleme oranı (PARA Nu.2)

$$B = [\text{Hız Azaltma Oranı}] \times Pb\,[\text{Yuvarlak Vida adımı}] \times \frac{1}{\text{Dönüş Sayısı}}$$

Gerçekte vida adımının 5[mm] ve hız azaltma oranının ise 2 olması sebebiyle aşağıdaki değer elde edilir (Bir dönüşte 10[mm] hareket eder.).

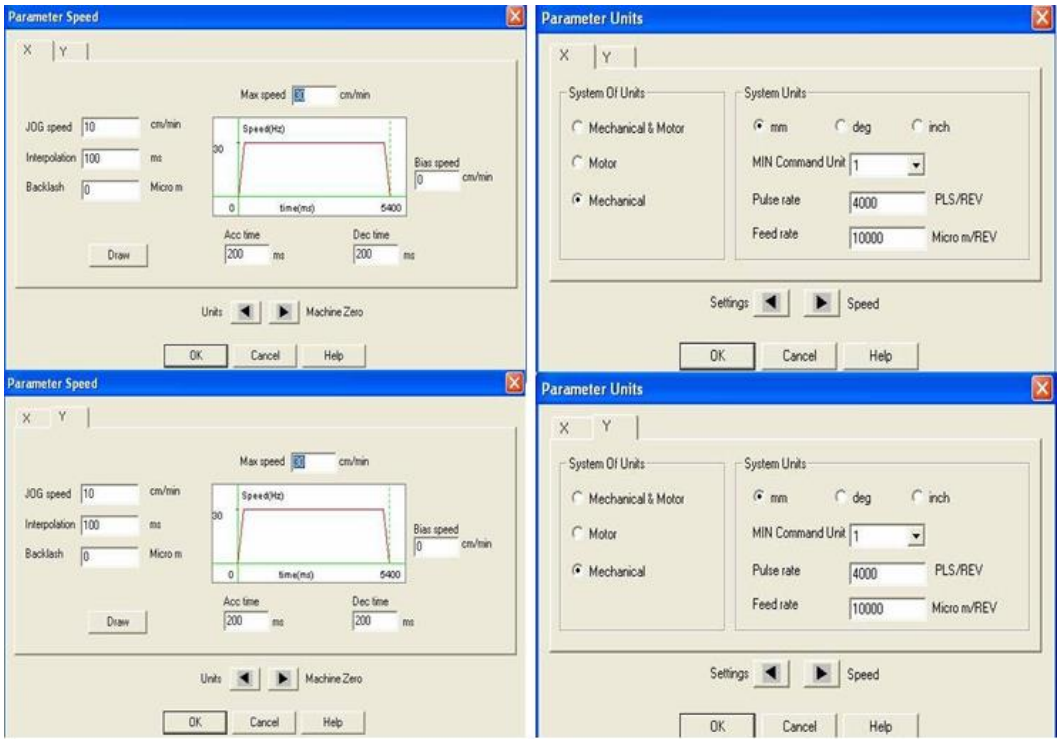
Besleme oranı(PARA Nu.2)

$$B = 2 \times 5[mm] \times \frac{1}{1[rev]} = 10[mm/rev] = 10{,}000[\mu m/rev]$$

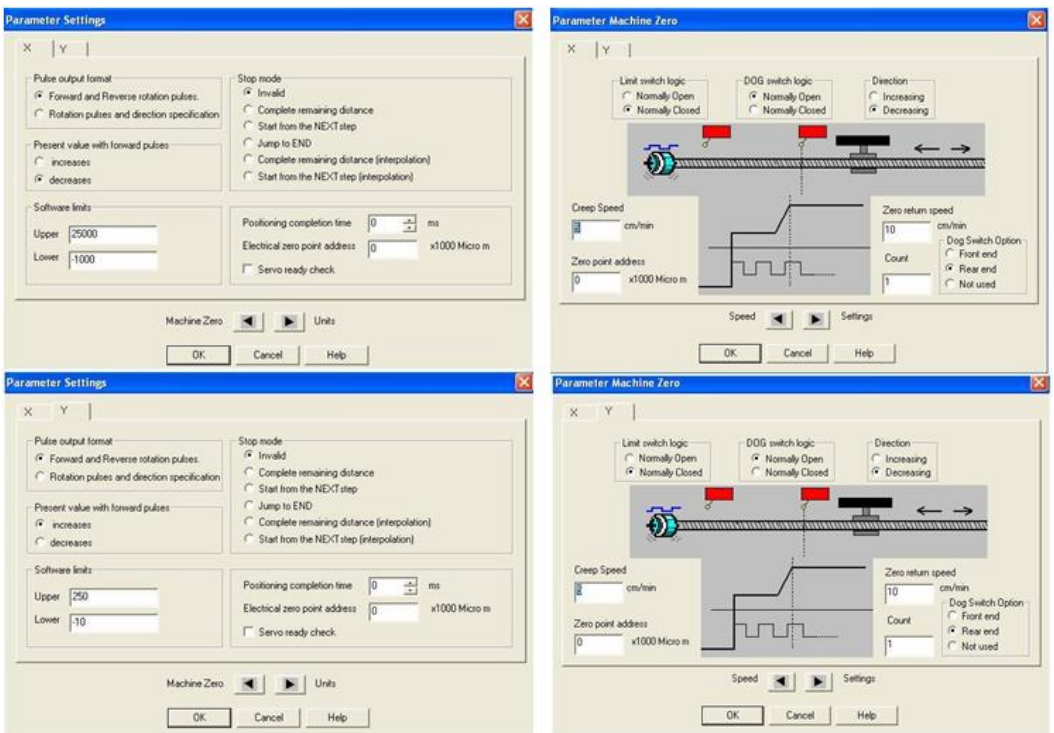
2.9.5. Pozisyon Parametreleri

PARA Nu.	Tanımlama	Ayar Değeri	Açıklamalar
Nu.0	System of units	**0**	Refer to
Nu.1	Pulse rate	**4000**	Refer to
Nu.2	Feed rate	**10000**	Refer to
Nu.3	Minimum command unit	**1**	The movement quantity and mechanical zero point address are specified in the unit of "1/10[mm]".
Nu.4	Maximum speed	**30**	[cm/min]
Nu.5	JOG speed	**10**	[cm/min]
Nu.6	Bias speed	**0**	[cm/min] initial value
Nu.7	Backlash correction	**0**	[μm] initial value
Nu.8	Acceleration time	**200**	[msec] initial value
Nu.9	Deceleration time	**200**	[msec] initial value
Nu.10	Interpolation time constant	**100**	[msec] initial value
Nu.11	Pulse output type	**0**	Initial value (Normal rotation pulse + Reverse rotation pulse)
Nu.12	Rotation direction	**0**	Initial value (The current value increases by normal rotation pulse. FP)
Nu.13	Zero position return speed	**10**	[cm/min]
Nu.14	Creep speed	**5**	[cm/min]
Nu.15	Zero position return direction	**1**	Initial value (Direction in which the current value decreases)
Nu.16	Mechanical zero point address	**0**	Set the mechanical zero point address. [1/10mm]
Nu.17	Zero point signal counting times	**1**	Initial value [times]
Nu.18	Zero point signal count start point	**1**	Initial value [Backward end of near point DOG]
Nu.19	DOG input logic	**0**	Initial value [Normally open contact]
Nu.20	LS logic	**1**	[Normally close contact]
Nu.21	Error judgment time	**0**	Invalidity
Nu.22	Servo ready check	**0**	Whether or not the servo is ready is checked.
Nu.23	Stop mode	**0**	Invalidity
Nu.24	Electrical zero point address	**0**	Initial value [1/10mm]
Nu.25	Software limit (large)	**250**	[mm]
Nu.26	Software limit (small)	**-10**	
Nu.30	Specify program number	**3**	Specify from data resister

Tablo 2.5:Pozisyon parametreleri



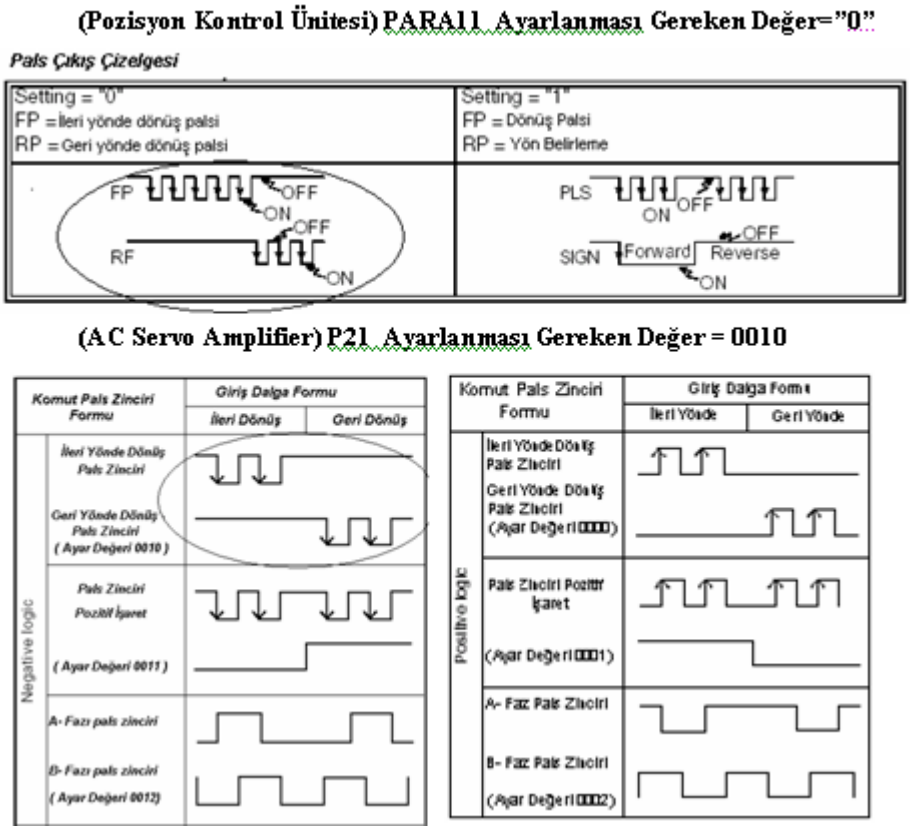
Şekil 2.25: Bilgisayar yazılımında pozisyon parametreleri



Şekil 2.26: Bilgisayar yazılımında pozisyon parametreleri

2.9.6. Darbe Şekli

"AC Servo Motoru" sürmek için pozisyon kontrol ünitesi ile AC servo sürücünün darbe şekli uyumlu olmalıdır.



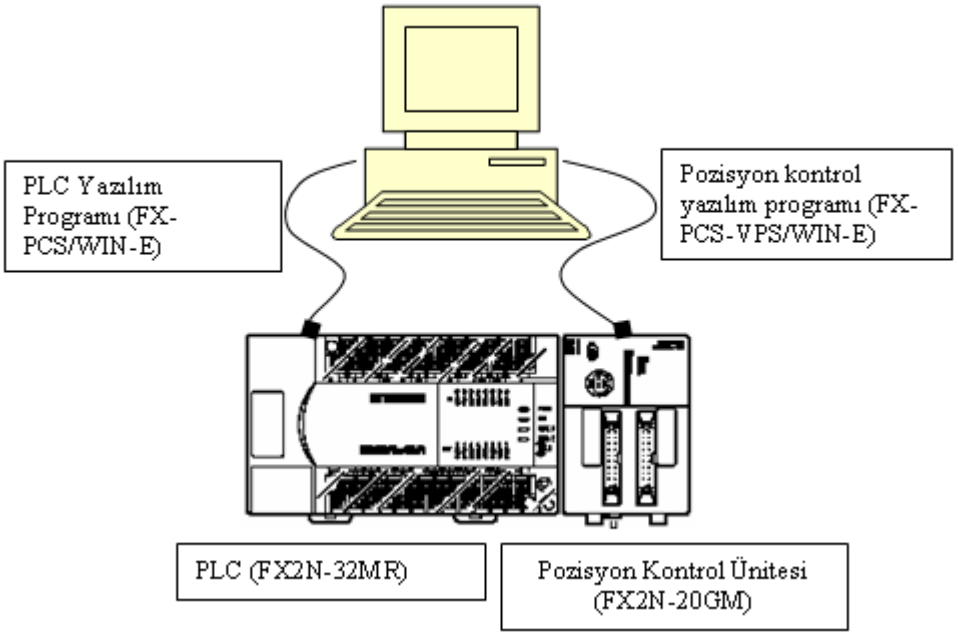
Şekil 2.27: Darbe şeklinin belirlenmesi

2.10 Programlama

FX2N-20GM pozisyon kontrol ünitesi bağımsız olarak kontrol edilebilir. Pozisyon kontrol programının tasarım aşamaları aşağıda gösterilmiştir.

- AC Servo motorun pozisyon kontrolü için öncelikle pozisyon kontrol ünitesinin programını tasarlayalım.
- Daha sonra PLC'nin kontrol edeceği donanımlar için (pnömatik vs.) gerekli programları tasarlayalım.

  - **Bus bağlantısı "**PLC ile Pozisyon Kontrol" ünitesi arasındaki iletişimin sağlaması için kullanılır. PLC'nin pozisyon kontrol ünitesiyle olan iletişiminde, bu üniteye bilgi gönderilip bu üniteden bilgi alınabilir. PLC bu işlemlerini [TO] ve [FROM] komutlarını kullanarak gerçekleştirir.



Şekil 2.28: Kablo bağlantısı

NOT: Bu aygıt genel olarak "Bus" diye isimlendirilen paralel bir veri yolu ile bağlanır.

Kişisel bilgisayarlarda genişletilmiş kart ve IDE sürücüleri diğer aygıtlar ile sağlanılır.

Aşağıda, üç eksenli hareket edebilen cross şeklinde bağlanmış robot programının akış şekli gösterilmiştir. Bu işlem için girişler ve çıkışlar arasındaki adresleme ve kablolama işlemi ile gelişmiş parametre ayarlarının daha önceden yapılmış olması gerekir.

Programda; eksenlerin sağa sola kayma hareketi "AC Servo Motor"un pozisyon kontrolü ile sağlanır. Silindirlerin yukarı-aşağı olan hareketi ile çalışma parçasının taşınması ve vakumlama işlemi ile de parçanın tutunması gerçekleştirilir. Tüm bu hareketler ardışık olarak gerçekleştirilir. Ayrıca sistemdeki silindirlere hava tatbik edileceğinden hava iletim kanalları ile vakum sensörünün kablolama işleminin önceden yapılmış olması gerekir.

Şekil 2.29: Robotun çalışma algoritması

2.10.1. Pozisyon Kontrol Ünitesinin Programlanması (VPS)

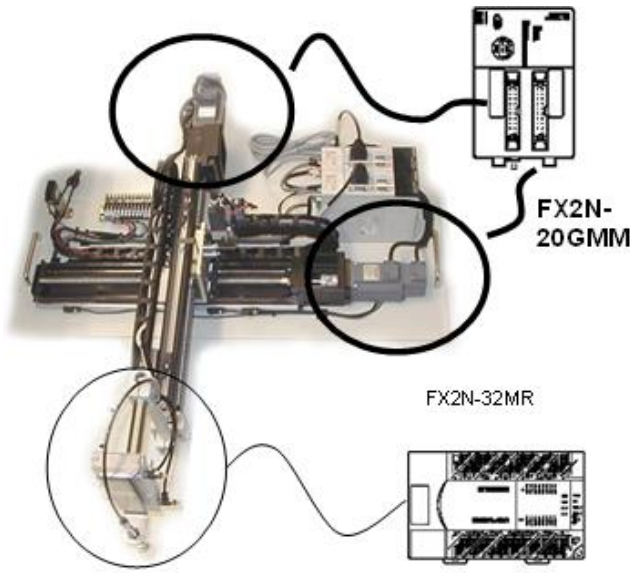
Pozisyon kontrol ünitesinde programlama yapılmadan önce işlemlerin akış diyagramı oluşturulmalıdır.

- **Pozisyon kontrolün akış diyagramı**

Pozisyon kontrol ünitesindeki tüm pozisyonların hareketleri aşağıda açıklanmıştır.

Çalışma parçası ilk hedef noktasından vakumlanarak alınır ve ikinci hedef noktası üzerine gelince serbest bırakılır. Bu işlemden sonra sistem ilk hedef noktasına geri döner. "AC Servo Motor"un eksenleri kaydırma hareketi, pozisyon kontrol ünitesinden (FX2N-

20GM) gelen komut sinyalleri ile gerçekleştirilir. Vakumlama ekipmanı ve hava silindirlerinin Z ekseni üzerindeki yukarı aşağı olan hareketleri ise PLC (FX2N-32MR) kontrolörü ile sağlanır.

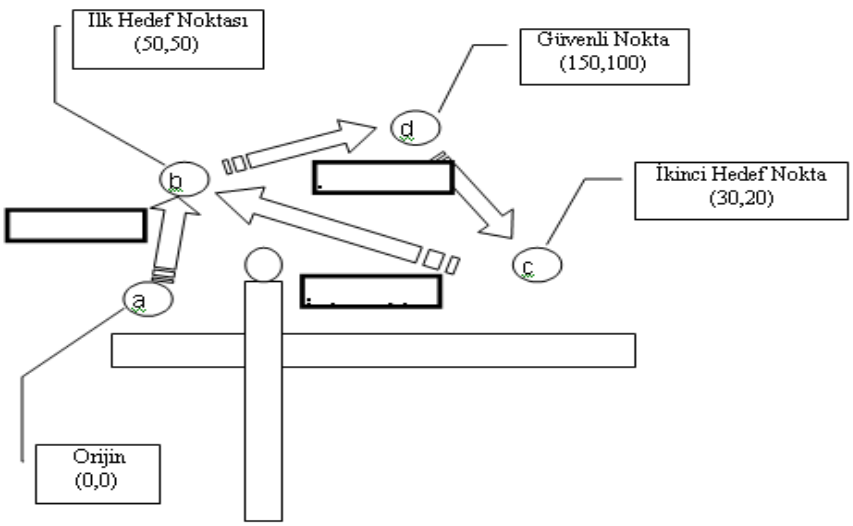


Şekil 2.30: Pozisyon kontrol ünitesi

Uygulamamızda iki konumlu pozisyon kontrolü yapabilen sürücü kullanılmıştır.

İşlem No 1: İlk hedef noktasına hareket
İşlem No 2: İkinci hedef noktasına, güvenli nokta üzerinden hareket

Aşağıda takip edilmesi gereken her bir hedef noktasının koordinat bilgileri gösterilmiştir.



Şekil 2.31: Hareket noktalarının belirlenmesi

İşlem No 1

- Pozisyon Kontrol Ünitesinin "Ox1" numaralı programı aşağıdaki gibidir.
- Mil birinci hedef noktasına doğru hareket eder.
- Bu işlem orijin noktasından başlayabildiği gibi ikinci hedef noktadan da başlayabilir. Kısaca, sistem son olarak nerede kaldıysa o noktadan başlayıp ilk hedef noktasına ulaşılır.
- Bu işlemin yürütülmesi işlemi hızlı bir şekilde yapılabilir. Çünkü bu işlem süresince çalışma parçası daha yerinden alınmamıştır.

Program Ox1

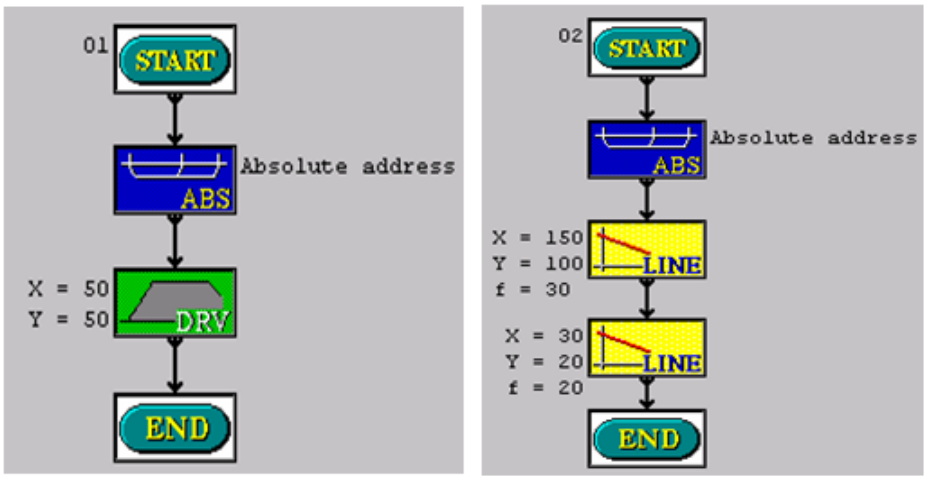
Satır Numarası	Komut	Açıklama
N0	cod90(ABS)	Mutlak adresleme
N1	cod00(DRV) x50 y50	İlk hedef noktasına yüksek hızda hareket.
N2	m02(END)	End.

İşlem No:2

- Pozisyon Kontrol Ünitesinin "Ox2" numaralı programı aşağıdaki gibidir.
- Milin ikinci hedef noktasına doğru hareket eder.
- Bu işlem, ilk hedef noktasından ikinci hedef noktası üzerine güvenli nokta üzerinden geçilerek gerçekleştirilir.
- Çalışma parçası yerinden alınıp hareket ettirildiğinden parçanın vakum ağzından düşebilme ihtimaline karşı işlem yavaş yürütülmelidir.

Program Ox2

Satır Numarası	Komut	Açıklama
N0	cod90(ABS)	Mutlak adresleme
N1	cod01(LIN)x150 y100f30	Güvenli noktaya f30 hızında hareket
N2	cod01(LIN) x30 y20 f20	İkinci Hedef noktaya f20 hızında hareket
N3	m02(END)	End



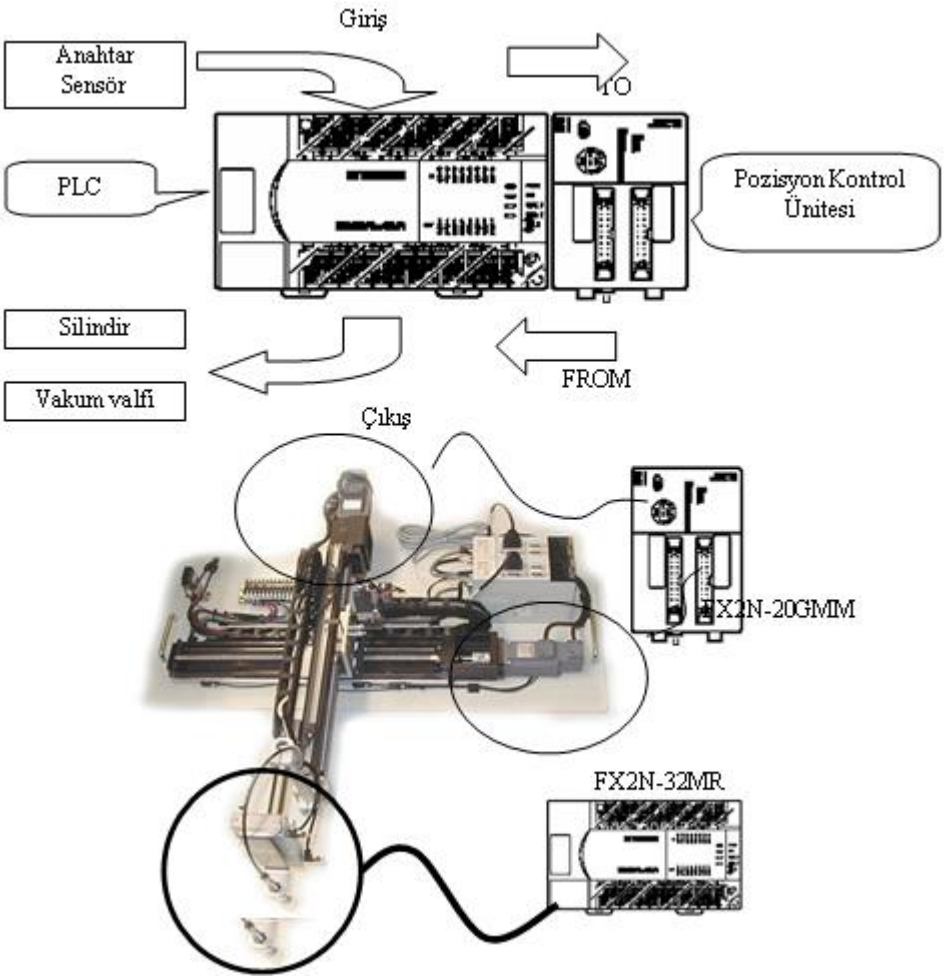
Şekil 2.32: VPS programıyla program yazımı

2.10.2. PLC'nin Programlanması

Aşağıda PLC programının işleyişi gösterilmiştir:

- Hava silindirinin kontrolü (Z ekseni)
- Vakum valfinin kontrolü
- Sıfır noktasına dönüş komutu ve pozisyon kontrol ünitesi için program seçimi
- Programı başlatma bilgisi

Silindir, valf ve sensor giriş çıkış birimlerine bağlanır. Pozisyon kontrol ünitesi de (bus) veri yolu ile bağlanır. [FROM], [TO] gibi komutlar kullanılarak veri yolu üzerinden bilgi alışverişi yapılır.



Şekil 2.33: Pozisyon kontrol ünitesinin bağlantısı

2.10.2.1. PLC'nin Giriş-Çıkış Bağlantı Tablosu

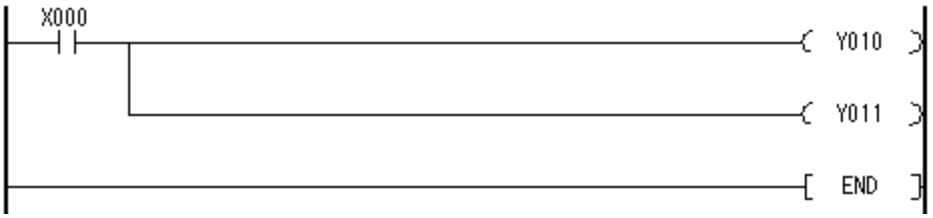
Aşağıdaki tabloda PLC'nin giriş çıkışlarıyla yapılan tesisatı gösterilmiştir.

Aygıt	Tahsisat	Açıklama
X00	SW4	Bu anahtar her iki milin Servo ON işlemini başlatır.
X03	SW2	Bir saykıllık işlemi başlatma anahtarı
X04	SW3	Bir saykıllık çalışmayı durdurma anahtarı
X05	SW1	Sıfır noktasına dönüş işlemi
X06	Silindirin üst kenar sensoru	Silindirin üst kenar noktaya gelip gelmediğini kontrol eden doğrulama sensoru (Z eksen)
X07	Silindirin alt kenar sensoru	Silindirin alt kenar noktaya gelip gelmediğini kontrol eden doğrulama sensoru (Z eksen)
X10	Vakum sensoru	Vakum durumunu doğrulama sensoru
Y01	Selonoid valf (Z eksen silindir)	Z ekseni silindir ile alt seviyeye gelir.
Y02	Vakum formu	Vakum valfını açar. (ON)
Y03	Sıfır noktasına dönüşün tamamlandığını gösteren lamba (LP1)	Eksenler sıfır noktasına ulaştığında, işlemi tamamladığını gösteren lamba
Y04	Hazır lambası (LP2)	Millerin (X, Y eksen), bir işlemi gerçekleştirmek için hazır halde beklediğini gösteren lamba.
Y05	Sürücü lambası (LP4)	Sürücü çalışıyor lambası
Y10	Servo ON (Alt mil X ekseni)	Servo On yapmak için gerekli çıkış sinyali (Alt mil X ekseni)
Y11	Servo ON (Üst mil Y ekseni)	Servo On yapmak için gerekli çıkış sinyali (Üst mil Y ekseni)

Tablo 2.5: PLC'nin giriş / çıkış noktalarının belirlenmesi

2.10.2.2. Servo ON Yapma Programı

Aşağıdaki PLC programında Servo ON yapma programı gösteriliyor. X00 anahtarını ON yaptığımızda Y10 ve Y11 ON olacaktır. Bu konumunu koruması için mühürleme işlemi veya X00 gibi alternatif anahtar kullanılmalıdır. Bu uygulamada alternatif anahtar kullanılmıştır.

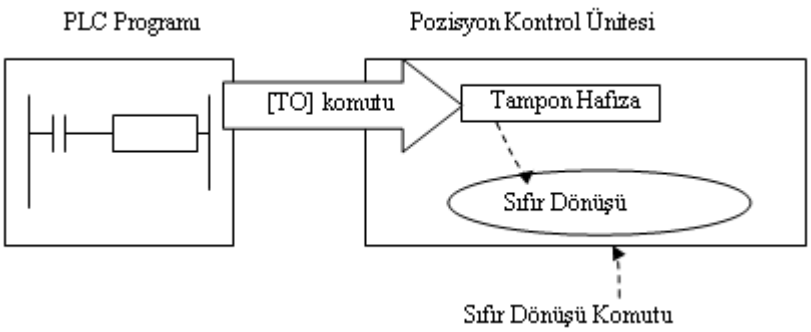


2.10.2.3. Sıfır Dönüş Devresi

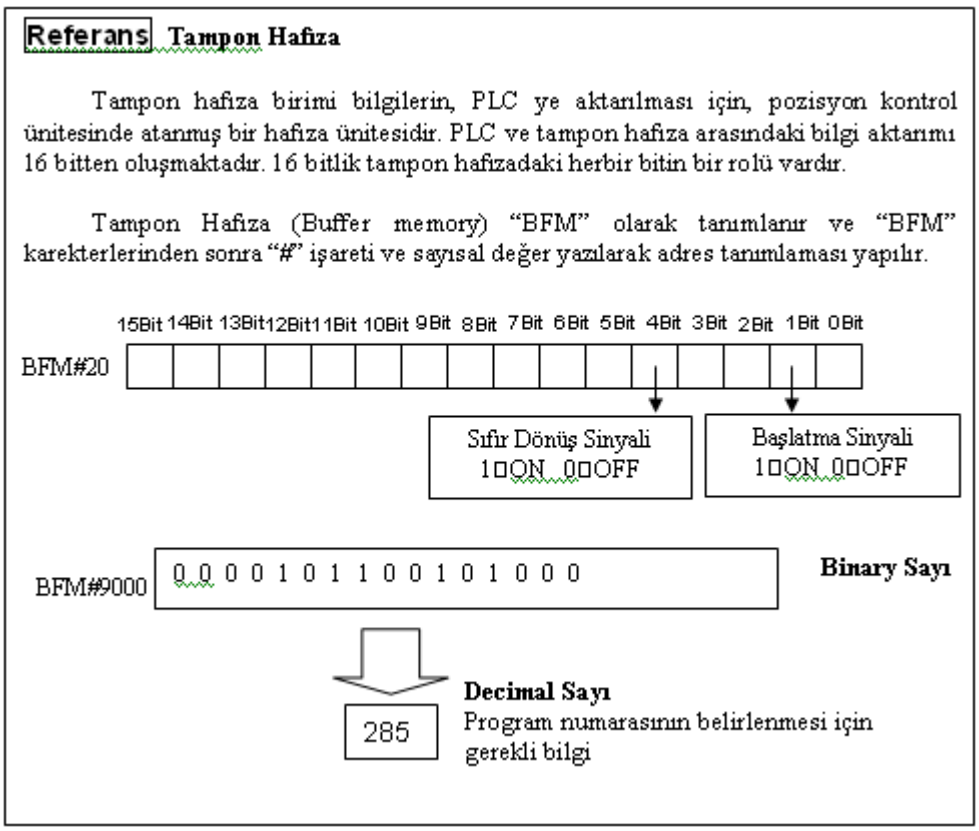
Sıfırlama noktasına dönüş işlemi pozisyon kontrol ünitesinin girişine (FX2N-20GM) uygulanan [ZRN] sinyali ile gerçekleştirilir. Bu işlem her iki eksen için de ayarlanmalıdır. Parametre ayarları doğru olarak girildiğinde ve [ZRN] ON yapıldığında, sıfır dönüş işlemi tüm eksenler için başlayacaktır.

Sıfır noktasına dönüş işleminin komutu, pozisyon kontrol ünitesine direkt olarak uygulanamaz. Yapacağımız işlemin komutu PLC tarafından gönderilmelidir.

[TO] komutu PLC programının içersinde kullanılır. İşlem için gerekli komutlar pozisyon kontrol ünitesindeki tampon hafızaya aktarılır.



Şekil 2.34: Sıfır noktasına (orjine) dönüş işlemi

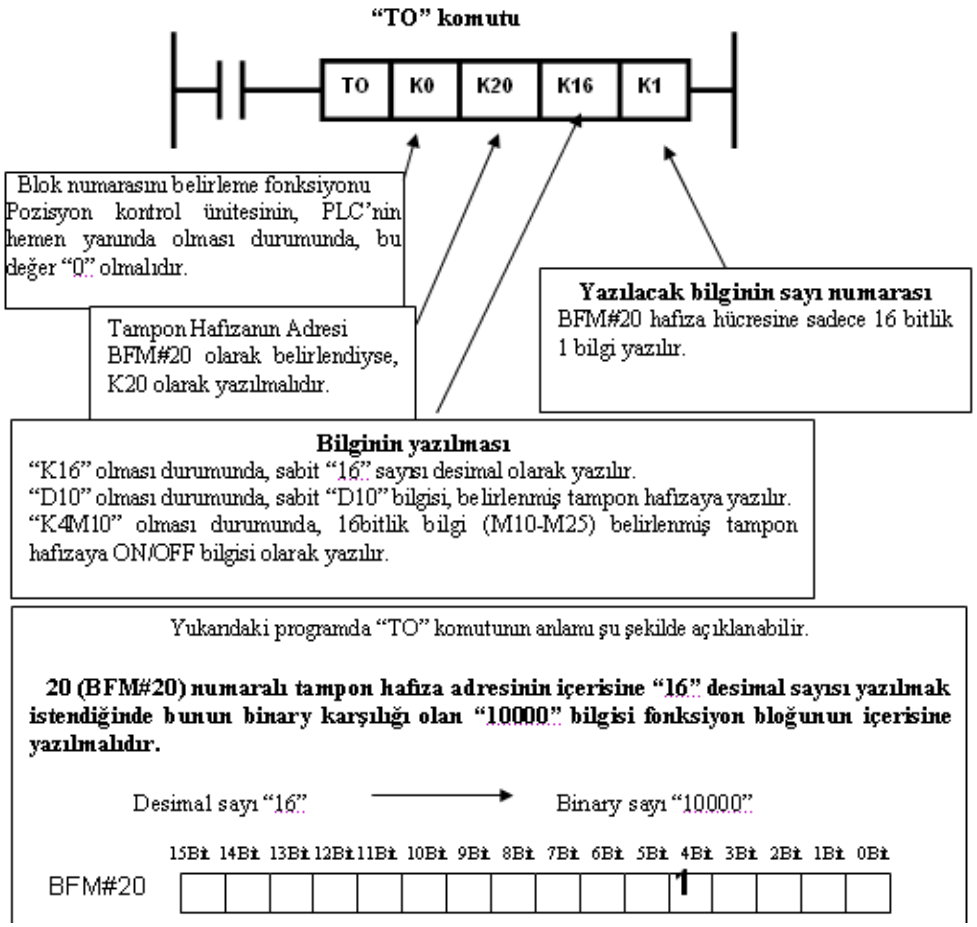


Şekil 2.35: BFM #20 ve BFM#9000 numaralı tampon bellekler

Eksen	Adres (Tampon Hafıza)	Bit Numarası
X ekseni	BMF#20	4. bit
Y ekseni	BFM#21	4. bit

Şekil 2.36: Çalışma durumunu bildiren hafızalar

Pozisyon kontrol ünitesinin tampon hafızasına gönderilen bilgilerin işlevi aşağıda açıklanmıştır. Sıfır noktasına dönüş işlemini başlatmak için tampon hafızaya gönderilecek bilginin değeri ve adresi aşağıdaki tabloda açıklanmıştır. "TO" komutu PLC de tasarlanan programın içinde kullanılır ve bilgiler pozisyon kontrol ünitesinin tampon hafızasına gönderilir.



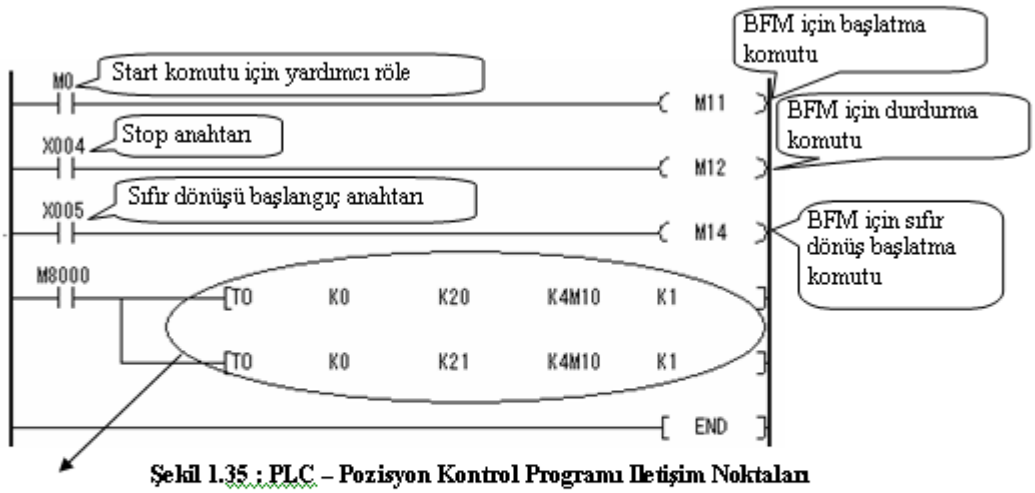
Şekil 2.39: TO komutunun yapısı

PLC(FX2N)→Pozisyon Kontrol Ünitesine (FX-20GM)
(FX20GM BFM Nu. X ekseni ve 2-eksen aynı anda: BFM#20,Y ekseni: BFM#21)

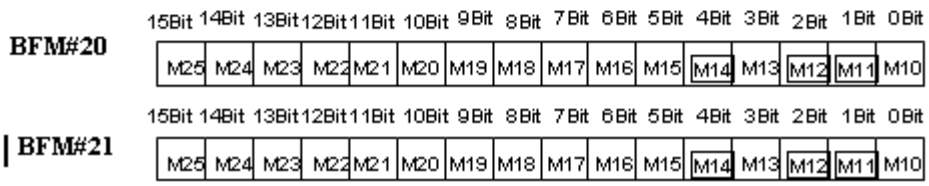
X ekseni 2-eksen aynı anda	Y ekseni	Açıklama
M010 → M9000	M010 → M9016	Single-step komut modu
M011 → M9001	M011 → M9017	Start komutu
M012 → M9002	M012 → M9018	Stop komutu
M013 → M9003	M013 → M9019	m kodu OFF komutu
M014 → M9004	M014 → M9020	Makine sıfır dönüş komutu
M015 → M9005	M015 → M9021	FWD JOG komutu
M016 → M9006	M016 → M9022	RVS JOG komutu
M017 → M9007	M017 → M9023	Hata sıfırlama
M018 → M9008	M018 → M9024	Sıfır dönüşü eksen kontrolü

Tablo 2.6: PLC den pozisyon kontrol ünitesine kontrol uçları

Gerçek program aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 1.35 : PLC – Pozisyon Kontrol Programı İletişim Noktaları



Şekil 2.40: PLC – Pozisyon kontrol programı iletişim noktaları

Bu programda 16 bit (K4) M10 dan M25'e kadar olan yardımcı röle bilgisi tampon hafızanın "20" (BFM#20) nu.lu adresine gönderilir.

Başlatma komutu için kullanılan "M0" yardımcı rölesi, daha sonra kullanılacak "M11" yardımcı rölesini için ayrılmıştır.

Dışarıdan kontrol edilecek durdurma (X4) ve sıfır dönüş başlatma (X5) anahtarı "M12" ve "M14" yardımcı rölelerine atanmıştır. Bu sinyaller pozisyon kontrol ünitesine "TO" komutunu kullanarak gönderilir.

X ve Y eksenlerinin her ikisi için de sıfır noktasına dönüş işlemi, yukarıdaki uygulamada başlatılmıştır.

- Kullanılan tampon hafızalar (4) nu.lu tabloda gösterilmiştir.
- Özel yardımcı röleler (5) nu.lu tabloda gösterilmiştir.
- Özel bilgi aygıtları (6) nu.lu tabloda gösterilmiştir.

2.10.2.4. Pozisyon Kontrol Ünitesinin Durumunu Okuma Programı

Sistemin durumu pozisyon kontrol ünitesine yansımıştır. Dolayısıyla pozisyon kontrol ünitesinin durum kaydedicisinin okunması bize yapılan işlemin durumunu gösterecektir.

Pozisyon kontrol ünitesinin “Sıfır dönüşü tamam”, “Çalışıyor” ve benzeri güncel durumları, son durumları atanmış hafıza birimlerinden okunabilir.

Adresler aşağıda gösterildiği gibi okunur.

Eksen	BFM	Kullanılan Aygıtlar
X ekseni	#23	M9063-M9048
Y ekseni	#25	M9095-M9080

Tablo 2.7: Pozisyon kontrol ünitesinin durum değerlendirme yazmaçları

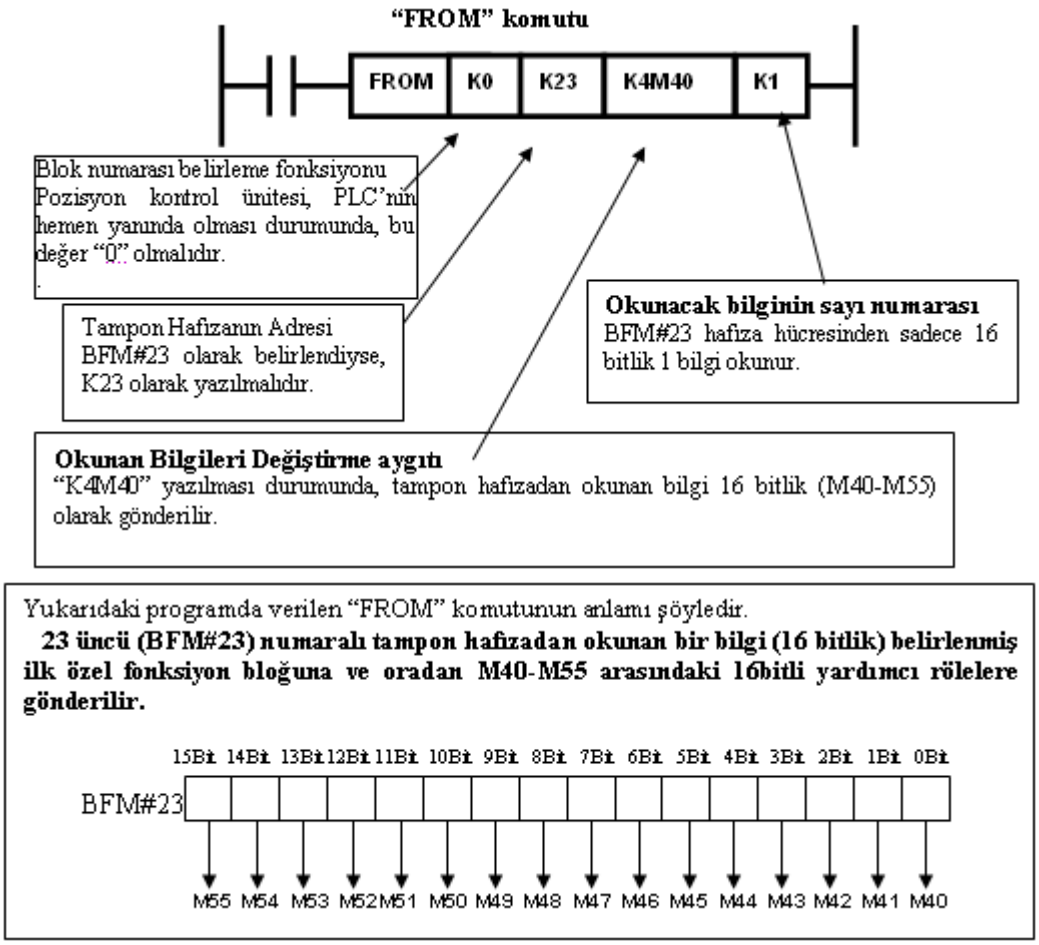
PLC (FX2N) ← Pozisyon Kontrol Ünitesi (FX-20GM)
(FX20GM BFM Nu. X ekseni ve 2-ekseni aynı anda: BFM#23,Y ekseni:BFM#25)

X ekseni 2-eksen aynı anda	Y ekseni	Açıklama
M040 ← M9048	M060 ← M9080	READY(ON)/BUSY(OFF)
M041 ← M9049	M061 ← M9081	Pozisyon kontrol tamamlandı
M042 ← M9050	M062 ← M9082	Hata algılama
M043 ← M9051	M063 ← M9083	m kod ON sinyali
M044 ← M9052	M064 ← M9084	m kod bekleme durumu
M045 ← M9053	M065 ← M9085	m00(m100) bekleme durumu
M046 ← M9054	M066 ← M9086	(m102) bekleme durumu
M047 ← M9055	M067 ← M9087	Stop remaining device standby status
M048 ← M9056	M068 ← M9088	Otomatik çalışma işlemi START—ON END—OFF
M049 ← M9057	M069 ← M9089	Sıfır dönüş tamamlandı
M050 ← M9058	M070 ← M9090	Kullanmıyoruz
M051 ← M9059	M071 ← M9091	Kullanmıyoruz
M052 ← M9060	M072 ← M9092	İşlem hatası
M053 ← M9061	M073 ← M9093	Sıfır işaretçisi
M054 ← M9062	M074 ← M9094	Ödünç işaretçisi
M055 ← M9063	M075 ← M9095	Elde işaretçisi

Tablo 2.8: Pozisyon kontrol ünitesinin durum değerlendirme yazmaçları içeriği

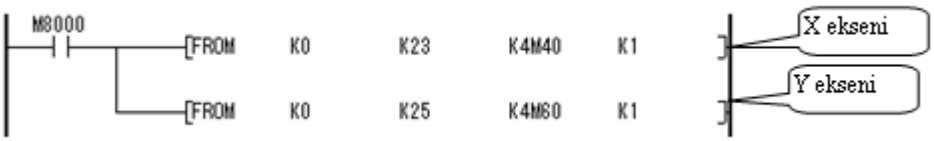
Konuyla ilgili kullanılan aygıtların ayrıntılı özellikleri;

(4) nu.lu tabloda kullanılan tampon hafızalar,
(5) nu.lu tabloda kullanılan yardımcı rölelerin listesi (Okumak için) şeklinde gösterilmiştir.



Şekil 2.37: FROM komutu

Aşağıda "From" komutu kullanılarak yazılmış bir program görülmektedir



Üstteki programda X ekseninin durumu M40-M55 yardımcı kontakları arasına gönderilirken, Y ekseninin durumu M60-M75 yardımcı kontakları arasına gönderilir. Aşağıda ana sürücü ve açıklamalar gösterilmiştir. İlgili eksenlere ait M yardımcı röleler bir önceki sayfada gösterilmişti.

X ekseni	Y ekseni	Açıklama
M40	M60	Hazır(ON)/Meşgul(OFF)
M41	M61	Pozisyon kontrol işlemi tamamlandı.
M42	M62	Hata arama
M48	M68	Otomatik çalışma yürütülüyor. START—ON END—OFF
M49	M69	Sıfıra dönüş tamamlandı.

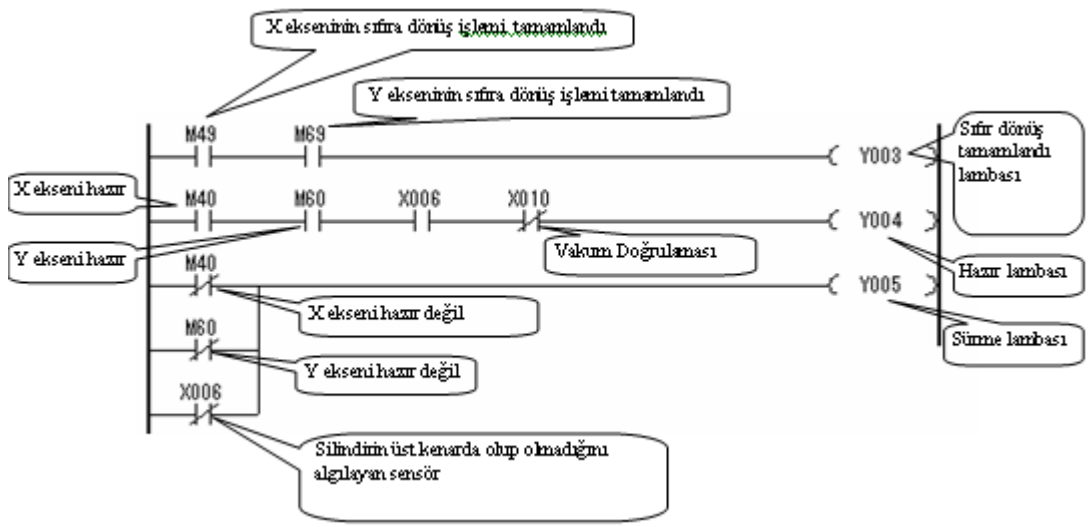
Tablo 2.8: Bazı yardımcı rolelerin fonksiyonları

2.10.2.5. Her bir lambanın yanması için gerekli program

Devre üzerindeki lambaların gösterge olarak kullanılabilmesi için yapılan tasarımda lambaların açıklaması aşağıda gösterilmiştir.

İsmi	Aygıt	Açıklama
Sıfır dönüş işlemi tamamlandı lambası (LP1)	Y3	Sıfıra dönüş işlemi tamamlandığında bu lamba yanar.
Hazır lambası (LP2)	Y4	X ve Y eksenlerindeki miller çalışmaya hazır.
Sürme lambası (LP4)	Y5	Sürücü çalışıyor.

Tablo 2.9: Çıkış aygıtlarının durumları



Şekil 2.38: Pozisyon kontrol ünitesinin durumunu okuyan program

2.10.2.6. Program Numarası Belirleme

Pozisyon kontrol ünitesinin içine birden fazla program yazmak mümkündür. Gerektiği zaman sadece istenilen program parçacıkları çağrılır. Bunun için pozisyon kontrol ünitesinde pozisyon parametrelerinin girilmesi gereklidir.

Pozisyon Kontrol Ünitesi

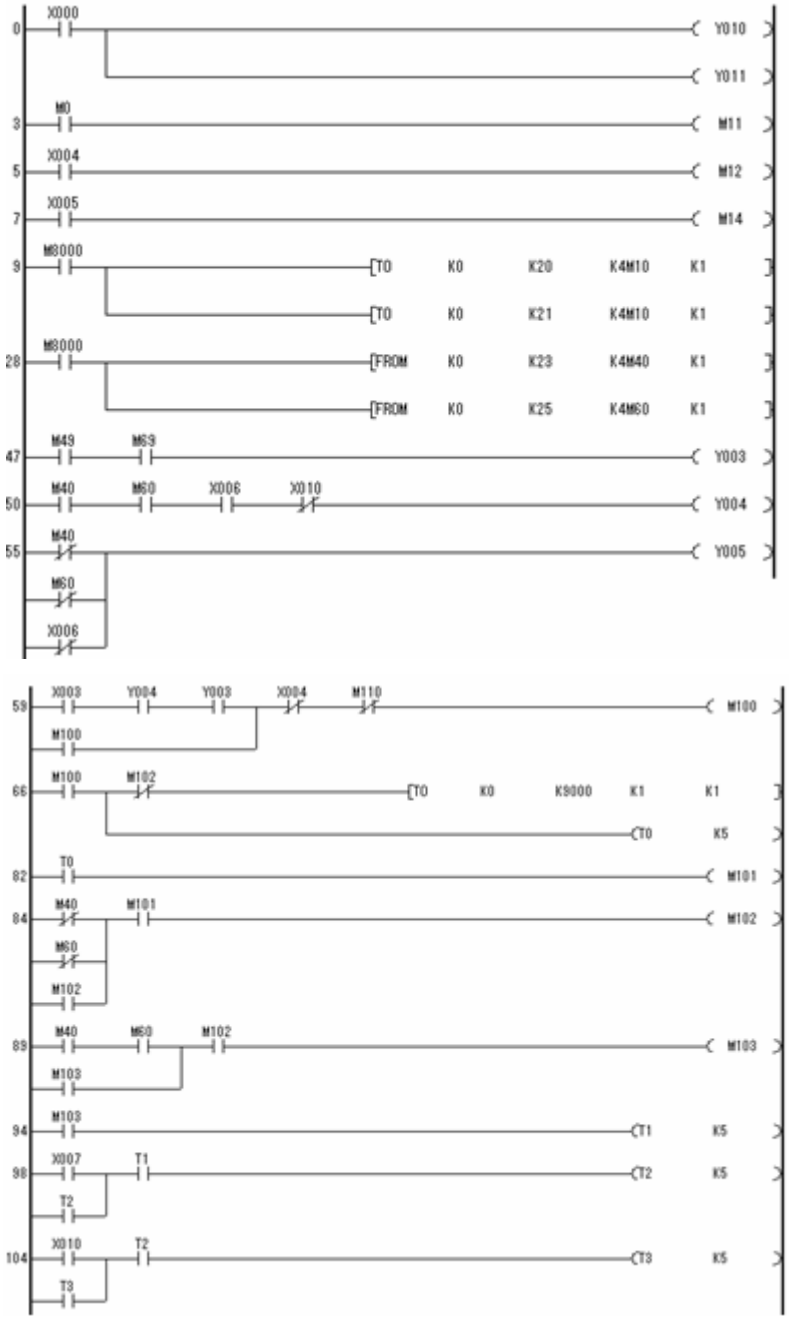
PARA No.	Açıklama	Ayar Değeri	Önemli Noktalar
No.30	Program numarası belirleme	3	0: Program numarası "0" Sabit 1: Dijital anahtar 1 dijit (0—9) 2: Dijital anahtar 2 dijit (00—99) 3: Özel bilgi hafizasından belirlenir. (D9000, D9010)

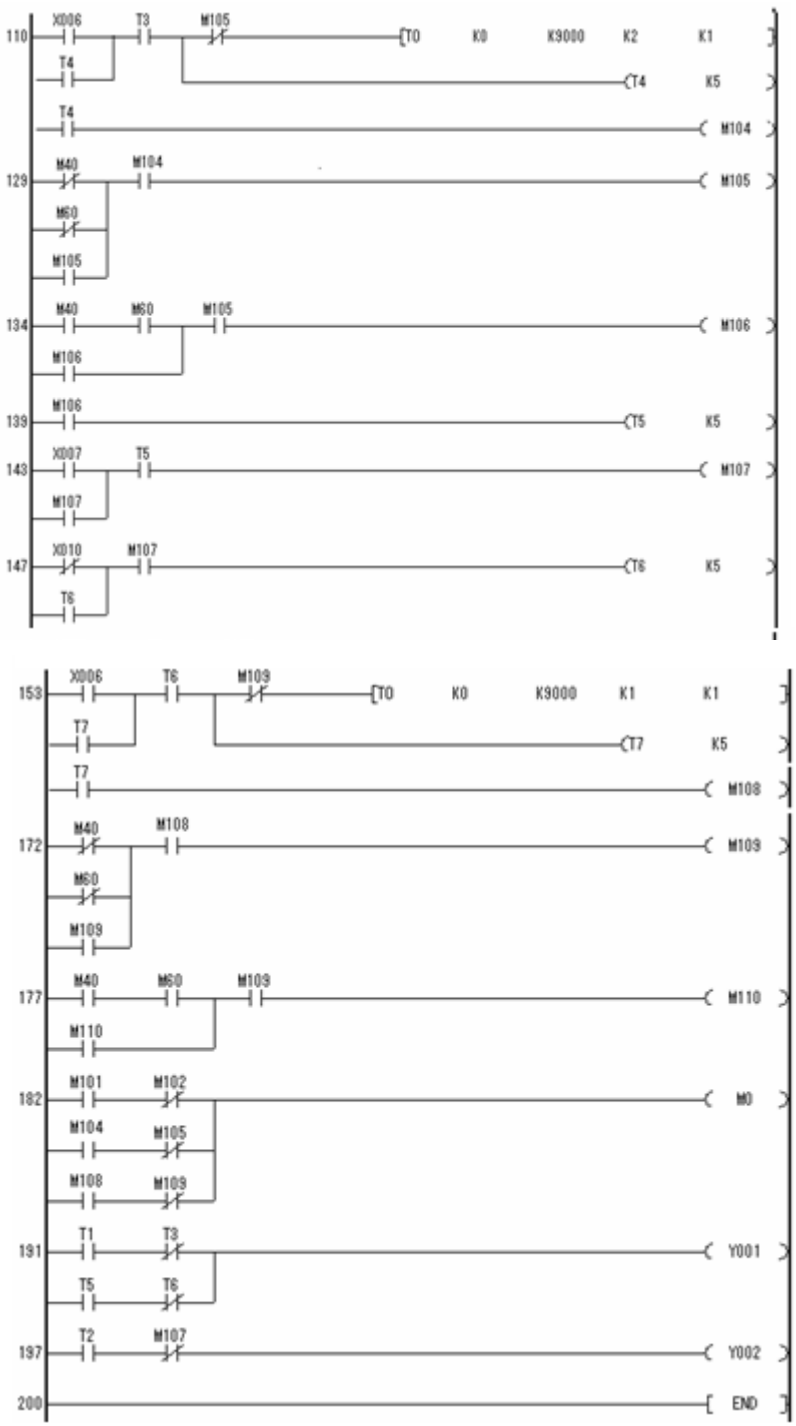
Tablo 2.10: Program Numarasının Belirlenmesi

Program numarası, pozisyon kontrol ünitesindeki (BFM#9000) numaralı tampon hafızası kullanılarak belirlenir.

Aşağıdaki komutla program numarası "2" olan program parçacığı çağrılmış demektir. Bunun anlamı "2" nu.lu programın çalıştırılacak olmasıdır.

PLC Programı




110
X006
T3
M105
T0 K0 K9000 K2 K1
T4
T4 K5
T4
M104
129
M40
M104
M105
M60
M105
134
M40
M60
M105
M106
M106
M106
139
T5 K5
143
X007
T5
M107
M107
147
X010
M107
T6 K5
T6
153
X006
T6
M109
T0 K0 K9000 K1 K1
T7
T7 K5
T7
M108
172
M40
M108
M109
M60
M109
177
M40
M60
M109
M110
M110
182
M101
M102
M0
M104
M105
M108
M109
191
T1
T3
Y001
T5
T6
197
T2
M107
Y002
200
END

UYGULAMA FAALİYETİ

Aşağıdaki işlem basamaklarına göre uygulama faaliyetini yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
➢ Robot parçalarının montajını inceleyiniz.	➢ İşleme başlamadan önce kullanılacak robot parçalarının bağlantı durumuna göre yerleri belirlenir. Özellikle birbiri ile bağlantısı yapılacak aygıtların yan yana getirilmesi kablo karmaşasını önler.
➢ Pozisyon kontrol ünitesi ile servo yükselteç arasındaki kablolamayı yapınız.	➢ Önemi büyük bir bağlantı çeşididir. Kablo yönlerinin tırnaklarının birbiri içersine oturması gerekir. Aksi takdirde bağlantı sağlanamaz. Bu kabloların sinyal gürültüsünü bastırabilme özelliği taşımasından dolayı ezilme, bükülme gibi durumlarda iş görmesi zordur. Bu sebeple dikkatli bir şekilde montajının yapılması gerekir.
➢ Servo Amp. ayarlarını yapınız. ➢ Parametre ayarları (servo amp) ➢ Parametre ayarlarının içeriği ➢ Test sürüşü	➢ Servo sürücü ile servo motorun arasındaki iletişim standardının aynı olması gerekir. Bu parametre ayarları ile sağlanır. Parametre ayarlarının yapılmasından sonra kontrol amacıyla test sürüşünün yapılmasında fayda vardır.
➢ Pozisyon kontrol ünitesinin programlamasını yapınız. ➢ Parametre ayarları (FX - VPS yazılımı ile) ➢ VPS programının yazımı ➢ PLC'nin programlanması	➢ VPS editöründeki parametre ayarları ile sistemde kullanılan sensor güvenlik anahtarları tanımlanır. Ardından VPS programında yapılacak işlemler sıralanır. Bunlara birer numara verilir. Son olarak bu program parçacıklarını çağırmak için PLC programı çağrılır.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümlelerin sonunda boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

1. ( ) Servo motorlu bir sistem yavaş hızda çalıştırılırsa yüksek hassasiyette çalışmaz. Ancak verimi yüksek olur.

2. ( )Servo motorlu bir sistem yüksek hızda çalıştırılırsa hassasiyet düşük olur. Sistemin doğruluğu da azalır.

3. ( ) Servo motorlu bir sistemde yüksek ve düşük hız koordineli bir şekilde kullanılırsa sistemde hata oranı yüksek olur.

4. ( )Servo motor yüksek hıza sahipse belirlenen özel noktaya yaklaşıldığı zaman sistem düşük hıza geçirilmelidir.

5. ( ) AC servo motor kullanarak pozisyon kontrol işlemi yapılacaksa; PLC, pozisyon kontrol ünitesi, ac servo motor ve servo yükselteç gibi kontrol ünitelerinin sistemde bulunması gerekir.

6. ( ) Limit anahtarı modu (İndüksiyon motor için) bir pozisyon kontrol modu **değildir.**

7. ( ) Servo yükselteç PLC'den gelen darbe bilgilerini alır ve bu sayede AC servo motorun dönmesini sağlar.

8. ( ) Darbe oranı servo motorun bir dönüşü için gerekli olan darbe miktarını gösterir.

9. ( ) AC servo motoru sürmek için pozisyon kontrol ünitesinin encoder algılama tipi ile AC servo yükseltecin darbe şekli uyumlu olmalıdır.

10. ( ) Servo motorun etkin bir şekilde çalışmaya başlamadan önce "SERVO OFF" programının bir defa çalıştırılmış olması gerekir.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarı ile karşılaştırınız. Doğru cevap sayınızı belirleyerek kendinizi değerlendiriniz. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt yaşadığınız sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrar inceleyiniz.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız becerileri "**Evet"** ve "**Hayır"** kutucuklarına (X) işareti koyarak kontrol ediniz.

Değerlendirme Ölçütleri		Evet	Hayır
1.	Servo motor tanımını kavradınız mı?		
2.	Doğru servo motor seçimini yapabilir misiniz?		
3.	Servo motor tork hesaplarını kavradınız mı?		
4.	Pozisyon kontrol kavramını anlayabildiniz mi?		
5.	Pozisyon kontrol modlarını kavradınız mı?		
6.	Servo motor hücre yapısını kavradınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda "Hayır" şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetlerini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız "Evet" ise "Modül Değerlendirme"ye geçiniz.

MODÜL DEĞERLENDİRME

Bu modül kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız becerileri Evet ve Hayır kutucuklarına (X) işareti koyarak kontrol ediniz.

Değerlendirme Ölçütleri		Evet	Hayır
1.	Servomekanizma kavramını anlayabildiniz mi?		
2.	Pozisyon kontrol ünitesini ve işleyişini kavradınız mı?		
3.	Servo motorun güce dayalı hesabını anladınız mı?		
4.	Güç hesabına göre servo motor seçimini yapabilir misiniiz?		
5.	PLC programını anladınız mı?		
6.	PLC-pozisyon kontrol ünitesi ilişkisini kavradınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda "Hayır" şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetlerini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız "Evet" ise bir sonraki modüle geçmek için öğretmeninize başvurunuz.

CEVAP ANAHTARLARI

ÖĞRENME FAALİYETİ–1'İN CEVAP ANAHTARI

1.	**A**
2.	**B**
3.	**C**
4.	**A**

ÖĞRENME FAALİYETİ–2'NİN CEVAP ANAHTARI

1.	**D**
2.	**D**
3.	**D**
4.	**Y**
5.	**D**
6.	**Y**
7.	**D**
8.	**Y**
9.	**D**
10.	**D**

KAYNAKÇA

- SHIGLEY J. Edward, J. Joseph UICKER., **Theory of Machines and Mechanism**, McGraw-Hill Inc, 1980.
- Lung-Wen Tsai, **Mechanism Design**,CRC Press, 2001.
- AKKURT Musatafa, **Makine Elemanları, Cilt III**, Birsen Yayınevi, İstanbu, 1986.
- BAĞCI Mustafa, **Teknik Resim Cilt II**, Birsen Yayınevi, 1997.
- DÜZGÜN Derviş, **Uygulanmış Makine Elemanları**, 2001.
- Mitsubishi El Kitapçıkları